COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE
HEALTH SCIENCES STANDARD
HX64086453
QP31 .K88 Vergleichend-physiol
RECAP

Columbia University
in the City of New York
College of Physicians and Surgeons
Library

Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
Columbia University Libraries

http://www.archive.org/details/vergleichendphys00kruk

VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE VORTRÄGE.

VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE

VORTRÄGE

VON

C. FR. W. KRUKENBERG.

ERSTER BAND.

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1886.

Das Recht der Ueberſetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

QP31
K88

WILHELM KÜHNE

DEM PHYSIOLOGEN

OSWALD SCHMIEDEBERG

DEM PHARMAKOLOGEN

WILHELM WALDEYER

DEM ANATOMEN

IN VEREHRUNG UND DANKBARKEIT

ZUGEEIGNET.

Inhalt.

Seite

I. Die Bedeutung der vergleichenden Methode für die Biologie 1

II. Grundzüge einer vergleichenden Phyſiologie der Verdauung 37

III. Grundzüge einer vergleichenden Phyſiologie der Farbſtoffe und der Farben 83

IV. Grundzüge einer vergleichenden Phyſiologie der thieriſchen Gerüſtſubſtanzen 185

V. Grundzüge einer vergleichenden Phyſiologie der contractilen Gewebe 271

VI. Grundzüge einer vergleichenden Phyſiologie der nervöſen Apparate . 395

I.

DIE BEDEUTUNG

DER

VERGLEICHENDEN METHODE

FÜR

DIE BIOLOGIE.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Die Bedeutung der vergleichenden Methode für die Biologie.

Die chemiſchen Erſcheinungen, welche die Thiere und Pflanzen während ihres Lebens erkennen laſſen, die Stoffe, welche in der lebendigen Werkſtatt entſtehen, welche im Organismus ſelbſtändig thätig ſind oder an beſtimmten Plätzen des Körpers für ein ſpäteres Verbrauchsſtadium aufgeſpeichert werden, welche als Secrete oder unbrauchbar für eine weitere Lebensverrichtung als Zerfallsproducte an die Außenwelt abgegeben werden, haben ſchon ſeit lange ein allgemeines Intereſſe erregt, und eine neue Aera in der Biologie wird gewiß nicht mit Unrecht von dem Zeitpuncte ab datirt, wo es *Wöhler* zuerſt gelang, eine bis dahin nur als Product des Thierkörpers bekannte Subſtanz, den Harnſtoff, aus cyanſaurem Ammonium im Laboratorium darzuſtellen. Dieſer Syntheſe ſind in den ſeither verfloſſenen 50 Jahren viele andere gefolgt. Man hat gelernt die Oxalſäure, die Ameiſenſäure, die Milchſäure, das Taurin, viele Fette u. ſ. w. aus ihren Elementen zuſammenzufügen, und der Aufbau zahlreicher chemiſch complicirt zuſammengeſetzter Producte des thieriſchen wie pflanzlichen Stoffwechſels aus einfacheren Verbindungen iſt gelungen. Die theoretiſche Chemie wie die chemiſche Induſtrie haben in gleicher Weiſe aus dieſen Syntheſen Nutzen gezogen, aber über die Proceſſe, welche den Stoffen intra vitam ihr Entſtehen geben, haben die künſtlichen Syntheſen nur wenig Aufſchluß ertheilt; denn die Chemie errang ihre glän-

zenden Erfolge in dieſer Richtung ausnahmslos durch Anwendung von chemiſch ſtark wirkenden Agentien oder von ſo hohen Temperaturen, welche ein lebendes Weſen unfehlbar zu Grunde richten würden, und welches ſich deshalb nothwendig anderer Mittel bedienen muß, um zu den gleichen Reſultaten wie der Chemiker zu gelangen[1]). Auch die künſtlichen Syntheſen, die Spaltungen, Reductionen und Oxydationen, welche unter Bedingungen ausgeführt wurden, die den innerhalb des lebenden Körpers vorhandenen möglichſt entſprechend gedacht werden, wie z. B. *Drechſel*'s Darſtellung[2]) des Harnſtoffs aus carbaminſaurem Ammonium durch Electrolyſe mittelſt Wechſelſtröme oder *Hoppe-Seyler*'s Umwandlungsweiſe[3]) des Benzols in Phenol durch Palladiumwaſſerſtoff, erfordern, um den vitalen Vorgängen vergleichbar zu ſein, noch immer Prämiſſen, welche der thatſächlichen Begründung entbehren. Selbſt nur in ſehr ſeltenen Fällen gelang es, ohne Anwendung irgend eines Mittels, über welches der lebende Organismus nicht ſelbſt verfügt, ein gut charakteriſirtes organiſches Stoffwechſelproduct in ein anderes überzuführen, wie beiſpielsweiſe bei der Umwandlung des Turacins in Turacoverdin[4]).

Die Phyſiologie iſt auf einem andern Wege in der Stoffwechſelfrage entſchieden weiter gekommen; nämlich durch die Experimente an den lebenden Thieren ſelbſt, durch vergleichende Verſuche, welche unter verſchiedenen Verhältniſſen an ein und derſelben Art oder unter normalen Bedingungen an möglichſt vielen und möglichſt verschiedenen Species ausgeführt wurden. Derartige Verſuche erlauben in der Regel zwar nicht, den ganzen Proceß, welchem ein dem Thiere einverleibter Stoff in dieſem unterliegt, durch eine chemiſche Formel zum bündigen Ausdrucke zu bringen, aber ſie vermögen uns meiſt doch darüber Aufſchluß zu ertheilen, welche Subſtanz ſchließlich aus dem gefütterten Körper hervorgeht, und welche Subſtanzen bei dieſem Vorgange in nennenswerther Weiſe nicht gebildet werden. Mittelſt dieſes Verfahrens fand *Wöhler*[5]),

daß die neutralen pflanzenſauren Alkalien bei der thieriſchen Stoffmetamorphoſe in Carbonate übergehen, daß dabei die Benzoeſäure Hippurſäure, bei den Vögeln nach *Jaffé*[6]) aber ſtatt deſſen Ornithurſäure liefert, und *Salkowski*[7]) entdeckte ſo, daß das Taurin, wenn es den menſchlichen Körper paſſirt, in Taurocarbaminſäure verwandelt wird. Lediglich unter Anwendung der vergleichenden Methode ließ ſich der merkwürdige Beſtand zweier eiweißverdauenden Enzyme in den Leberſecreten der meiſten Wirbelloſen conſtatiren: eine Thatſache, die, ſo berühmt auch die Forſcher ſind, welche, ohne den comparativen Weg einzuſchlagen, die Verdauungsſäfte der Evertebraten unterſucht haben, dieſen vollkommen unbekannt geblieben war. *Böhm*[8]) bewies durch ein Vergleichsverfahren, daß das Glykogen bei der Muskelcontraction nicht in Milchſäure übergeht, und in ähnlicher Weiſe gelangte man durch Unterſuchungen der contractilen Gewebe[9]), der Körperſäfte[10]), der Leber und ihres Secretes[11]) bei ſehr verſchiedenartigen Thieren zu dem bindenden Schluſſe, daß der Inoſit, das Kreatin, Taurin und Hypoxanthin in den Muskeln von einander völlig unabhängig entſtehen können, während anderſeits nie in einem Organismus echte Gallenpigmente (Bilirubin oder Biliverdin) ohne gleichzeitige Gegenwart von Hämoglobin, ja ſelbſt nicht bei allen Hämoglobin-führenden Thierformen angetroffen wurden, und es ergaben ſich fernerhin bei dieſen Verſuchen wichtige Thatſachen, welche die Richtigkeit des Satzes darthun, daß bei verſchiedenartigen Thieren Organe von äußerlich gleicher Function principielle Verſchiedenheiten in ihrem Vermögen, chemiſche Syntheſen auszuführen, aufweiſen können.

In gleichem Maße, wie ſich die Erwartungen, welche man einſt an die rein chemiſche Behandlung der Lebensvorgänge ſtellte und von dieſer ſtellenweiſe noch immer hegt, jetzt, wo ſeit dem epochemachenden Eingreifen der Chemie in die Biologie mehr als 50 Jahre vergangen ſind, als übertrieben erweiſen, ſo gilt das, ſage ich, in gleichem Maße von den Hoffnungen, mit welchen man an

eine rein phyſikaliſche Behandlung gewiſſer biologiſcher Fragen herantrat. Ich ſehe ab von den glänzenden Errungenſchaften, welche die phyſiologiſche Optik und Akuſtik, die Nervenphyſiologie ſowie die thieriſche Locomotion durch eine rein phyſikaliſche Behandlung ihrer Themata zu verzeichnen haben, und will hier nur einiger Beſchränkungen gedenken, welche die Anwendung phyſikaliſcher Methoden und Begriffe in einer Anzahl von Fällen erfährt, und bei denen gleichfalls nur das biologiſche Vergleichsverfahren eine Ausſicht auf Erfolg geſtatten dürfte. So wurde der Blutkreislauf bei den Wirbelthieren lange Zeit ziemlich allgemein als ein einfach phyſikaliſcher Vorgang behandelt, bis beſonders von *Marey* mit Nachdruck hervorgehoben wurde, daß die Gefäße nicht einfache elaſtiſche Röhren, ſondern Hohlmuskeln darſtellen, daß die Blutmenge in den einzelnen Bezirken und Organen des Thierkörpers je nach Bedarf ebbeartig ſinkt oder fluthartig anſchwillt, und daß ohne dieſe vitalen Vorgänge die geringe Blutmenge im Körper bei einer gleichmäßigen Vertheilung wie Waſſer im Sande verrinnen würde. In vielfacher Weiſe wurde der Fortſchritt auch in der Ernährungslehre der Pflanzen wie Thiere durch eine Auffaſſung gehemmt, welche in der Stoffaufnahme wie Stoffabgabe durch die lebenden Gewebe einen reinen Diffuſionsvorgang erblickte und die Zelle als einen einfachen Dialyſator betrachtete. Noch jüngſthin glaubte *Maly*[12]) die Bildung freier Salzſäure in den Labdrüſen, die Entſtehung freier Schwefelſäure in den Vorderdarmdrüſen bei Gaſtropoden als eine Diffuſionserſcheinung erklären zu können; auf eine Erklärung analoger Vorgänge (der Cimicinſäureſecretion bei Rhaphigaster punctipennis[13]), der Abſcheidung von Salicyligerſäure bei Chrysomela populi[14])) hat er jedoch auf's Bereitwilligſte verzichtet. Aber die Auffaſſung, daß ſich die lebenden Zellen per diffusionem ernähren, iſt mit den Eigenſchaften des Protoplasmas durchaus nicht in Einklang zu bringen; «denn die Stoffwechſelvorgänge in den lebenden Geweben

folgen nicht einfach den Geſetzen der Diffuſion und Endosmoſe, ſondern jedes Gewebselement, jede Zelle beſitzt während des Lebens die Fähigkeit, gewiſſe Stoffe anzuziehen, in ſich aufzuſpeichern und mit Zähigkeit feſtzuhalten, andere dagegen abzuſcheiden und dadurch unabhängig von der umgebenden Flüſſigkeit die Zuſammenſetzung zu bewahren, deren ſie zur Ausführung ihrer Functionen bedarf. Worauf dieſe Fähigkeit beruht, iſt uns vorläufig noch ein vollſtändiges Räthſel[15])»; wir wiſſen nur, daß ein derartiges Elections- und Retentionsvermögen auch todten Maſſen zukommt, z. B. dem Humus, welcher Natriumſalze durchläßt, die Ammonium- und Kaliſalze dagegen energiſch feſthält. Viele thieriſche Gewebe leiſten in der Fähigkeit, Materien, welche ihnen in mehr als homöopathiſcher Verdünnung dargeboten werden, in ſich aufzuſpeichern, ein Unglaubliches. Trotz der empfindlichen Reactionen, welche wir für den Nachweis des Jod und des Mangan beſitzen, iſt es beiſpielsweiſe nicht möglich geweſen, in dem Verdampfungsrückſtande einer bedeutenden Waſſermenge aus der Adria irgend eines dieſer beiden Elemente nachzuweiſen, und dennoch begegnen wir reichlichen Quantitäten von Jod in den dortigen Strandpflanzen wie in den Badeſchwämmen, und das Mangan finden wir in ſeltener Reinheit in den Concrementen einer adriatiſchen Muſchelſpecies[16]). Wie unabhängig ſich die cellulare Einnahme und Ausgabe von den äußeren Umſtänden geſtalten können, lehrt gewiß kein Beiſpiel beſſer als die von *Strecker*[17]) entdeckte Thatſache, daß bei den, in einem kochſalzreichen Medium lebenden Meerwaſſerfiſchen (Gadus morrhua. Pleuronectes maximus) die Kaliumſalze in der Galle prävaliren, während die Galle des Ochſen, eines Thieres, deſſen Nahrung vorzugsweiſe Kali enthält, nur Spuren von Kali neben viel Natron nach dem Verbrennen zeigt, und auf wie ſchwer verſtändliche Verhältniſſe wir bei dem Stoffumſatze im lebenden Körper ſtoßen, lehren die Facta, daß beim Menſchen gerade die thätigſten Organe (Gehirn, Rückenmark, Herz) von einer Atrophie am wenigſten

betroffen werden, und daß, während 91—93% des im Körper vertheilten Fettes bei Hungerkuren ſchwindet, Lipome, Fettgeſchwülſte dabei nicht zurückgehen, obwohl alles ein und daſſelbe Fett iſt.

Selbſt echte paraſitäre Weſen verfügen über ein Aſſimilationsvermögen, und wie für ihre Ernährung und Erhaltung Diffuſionsvorgänge nicht ausreichen würden, ſo iſt bei den höher organiſirten Thieren auch die Beſchaffung der Reſerveſtoffe ein viel complicirterer Proceß als eine ſimple Diffuſionserſcheinung. Das Thier producirt wie die Pflanze ſeine Reſerveſtoffe (ſein Fett, ſein Glykogen), ſein Eiweiß ſelber, und lediglich das Material dazu bezieht es von außen. Wie *Subbotin*'s Verſuche[18]) gelehrt haben, ſetzt ein Hund kein Wallrath an, wenn er mit Talg und Spermacet gefüttert wird, kein oleïnfreies Fett, wenn er ausſchließlich Stearinpalmitinſeife erhält; nur richtiges Hundefett lagert ſich in ſeinen Geweben ab, und nur dieſes, kein anderes Fett vermag er zu bilden.

Aber alle bisher berührten Puncte treffen bei weitem nicht den fruchtbarſten Boden, von welchem wir bei einer im vergleichend phyſiologiſchen Sinne betriebenen Bewirthſchaftung die reichſten Ernten erwarten dürfen.

Bei jedem Schritte, den wir in der Biologie vorwärts thun, ſtoßen wir auf Proceſſe, von denen zwar nur wenige (ähnlich dem Aſſimilationsvorgange) den Erſcheinungen, welche an einem todten Materiale ablaufen, unvergleichbar geblieben ſind, welche aber insgeſammt wegen ihrer Variabilität in Vorkommen und Energie nur durch Unterſuchungen an den lebenden Weſen ſelbſt erkannt und durch eine vergleichende Behandlungsweiſe unter allgemeinere Geſichtspuncte zu bringen ſind.

Wie jede lebende Protoplasmamaſſe ſich durch ihr Elections- und Retentionsvermögen ihre Selbſtändigkeit der Außenwelt gegenüber bewahrt, ſo widerſtehen die lebenden Theile des Organismus

den Schwankungen äußerer Lebensbedingungen weiterhin noch dadurch, daß ſie ſich mannigfachen Einflüſſen und Schädlichkeiten (einem ungewohnten Klima, der Einwirkung von Giften) anzupaſſen vermögen. Seit lange iſt bekannt, daß die willkürlichen und unwillkürlichen Muskeln, die drüſenartigen Organe und die Haut bei außergewöhnlicher Inanſpruchnahme hypertrophiren; ſo die Muskeln, wenn dieſelben größere Widerſtände zu überwinden, die Epidermis, wenn ſie normwidrige Preſſungen auszuhalten hat, und die Drüſen, wenn von ihnen Leiſtungen gefordert werden, welche unter regelrechten Verhältniſſen an ſie nicht geſtellt werden. So ſah, um an ein Beiſpiel flüchtig zu erinnern, *Hunter* bei einer Seemöve (Larus tridactylus), welche er ein ganzes Jahr lang mit Körnern fütterte, die urſprünglich weiche Magenſchleimhaut ſo vollſtändig erhärten, daß ſie in ihrem Ausſehen und Structur der harten ſog. Hornhaut des Körnermagens einer Taube glich, und umgekehrt gelang es *Holmgrén*, den Körnermagen von Tauben nach hinreichend langer Fütterung der Thiere mit Fleiſch allmälig in einen echten Raubvogelmagen umzuwandeln[19]). Auch die Sinne ſchärfen ſich, wenn ſie Uebergewöhnliches zu leiſten haben, und die Thätigkeit der Centralorgane wächſt proportional den Anſprüchen, welche an ſie geſtellt werden. Anderſeits verkümmern die Organe bei einem Nichtgebrauch mehr oder weniger, und indem man künſtleriſch dafür Sorge trägt, daß, wie es zweckmäßig erſcheint, dieſer Organtheil eine Hypertrophie, jener eine Atrophie erleidet, und daß trotz dieſer unnatürlichen Entwicklung dem Ganzen eine gewiſſe Harmonie bewahrt bleibt, gelangt man allmälig zu den Vortheilen der Uebung und Erziehung.

Ich will hier nicht an die oftmals ventilirte Frage herantreten, bis zu welchem Puncte ſich die Hypertrophie eines Organes treiben läßt, ich will auch nicht die Fragen eingehender erörtern, warum nach oftmaliger, viele Generationen hindurch fortgeſetzter Zerſtörung eines Organtheiles derſelbe nicht zum phylogenetiſchen Ver-

ſchwinden zu bringen iſt, oder warum auffälligere Eigenthümlichkeiten, z. B. in der Färbung ausſchließlich in männlicher oder ausſchließlich in weiblicher Linie fortgeflanzt werden[20]), ſondern allein noch darauf hinweiſen, daß auch in complicirteren Fällen die für die natürliche Ausbildung eines Gewebes in hyper- oder atrophiſcher Form günſtigen Momente aufgedeckt wurden. So hat man durch eine ungewöhnliche Nahrung nicht nur die Excretproducte verändern können, ſondern hat ſogar bei niederen Organismen, den äußeren Ernährungsflüſſigkeiten entſprechend die Wachsthums- und Sproſſungsvorgänge ſowie die Größe der Zellen wechſelnd gefunden; man erkannte den Einfluß des Lichtes auf die Entwicklung der Hautpigmente und der Sinnesapparate, den merkwürdigen Einfluß der Kälte auf die Behaarung der Säuger. In ähnlicher Weiſe wie der Einfluß des zinkhaltigen Bodens an der Flora der Galmeiberge bei Aachen[21]) zeigt ſich hier an Thieren die metamorphoſirende Kraft der äußeren Exiſtenzbedingungen. Wenn man eingedenk aller der zahlreichen Thatſachen, welche in dieſer Hinſicht die Biologie unſerer Tage aufweiſt, ſich ſchließlich noch daran erinnert, wie man durch Abänderung der äußeren Lebensbedingungen aus einem Axolotl ein Amblystoma, aus einer Artemia salina eine Artemia Milhauseni, ja ſelbſt einen Branchipus[22]) und aus dem Soorpilz eine Mycoderma vini[23]) zu züchten verſtand, ſo glaube ich, wird es ohne Zuhilfenahme großer Phantaſie möglich ſein, Mittel und Wege aufzufinden, durch welche es einem amöbenartigen Weſen gelingen könnte, eine hoch entwickelte Organiſation zu entfalten.

Wennſchon anfangs vielfache Zweifel ſich regten, ob es wirklich ganglionäre Elemente und Nerven ſeien, welche als ſolche bei Meduſen beſchrieben worden waren, und durch Experimente ſchließlich entſchieden wurde, daß man ſie thatſächlich gefunden, ſo ſind doch überall nur grobe Täuſchungen untergelaufen, wo Drüſen für Muskeln, Muskeln für Nerven etc. gehalten wurden. So ſehr gehen

in der ganzen Thierreihe die morphologiſchen und die allgemein functionellen Eigenthümlichkeiten der Gewebe Hand in Hand, daß man allein geleitet von der, an Wirbelthieren gewonnenen Functionskenntniß ſich bis dahin, wo die Organiſation beginnt, für ſchlußberechtigt halten durfte. Und wer ſein Auge nicht verſchließt vor dem bisweilen ſehr auffälligen Erwerbungs- und Vererbungsvermögen formeller und functioneller Eigenthümlichkeiten und dabei nur unbeachtet läßt die Deſiderien der Biologie, der muß ſich ſchier erfreuen an dem Theorem von dem Zuſammenhange, der unter allem Lebenden beſteht.

Aber bei einem Schluſſe von ſo ſchwerwiegender Bedeutung, der nicht nur für die Morphologie, ſondern für die Phyſiologie in gleichem Maße für fruchtbringend gehalten wird, gilt es noch andere Factoren zu berückſichtigen, die lebenswichtiger ſind als die Form, als die Structur und Textur des lebenden Subſtrates. Im mannigfachen Gegenſatze zu den Vorausſetzungen, zu denen die vergleichende Anatomie, vorwiegend bei Verwendung morphologiſch-ontogenetiſcher Thatſachen gelangte, ſtehen die Ergebniſſe der phyſiologiſch-chemiſchen Forſchung; aus einigen Thatſachen geht ſogar mit Evidenz hervor, daß (ähnlich der Allotropie und dem Iſomorphismus bei den Kryſtallen) Form und chemiſche Beſchaffenheit ſich nicht immer decken, daß ein und derſelben Form auch in der lebenden Welt chemiſch verſchiedenartige Subſtanzen zu Grunde liegen, und daß verſchieden geſtaltete Zellen vorherrſchend ein und denſelben Körper beherbergen können.

Die generelle Phyſiologie hat nach gründlicher Unterſuchung aller Erſcheinungen, welche als rein vitale, als den lebenden Weſen eigenthümliche angeſprochen wurden, nur die Aſſimilation (d. i. die Anbildung lebender Subſtanz) als ein Charakteriſtikon des Lebens aufrecht zu halten vermocht; die Aſſimilationsvorgänge verlaufen aber in der lebendigen Werkſtatt ungeſehen und ungehört, beſchränkt auf den kleinſten Raum, ohne Betheiligung ſtarker

chemiſcher Affinitäten, ohne die in unſeren Laboratorien bei chemiſchen Umſetzungen gebräuchlichen tiefgreifenden phyſikaliſchen Veränderungen der gewöhnlichen Verhältniſſe, — und ſie gelangen uns deshalb als ſolche nicht zur Wahrnehmung; geringe Temperaturerhöhungen, Stoffaufnahme, Stoffanſatz und iſolirbare Stoffwechſelproducte ſind ziemlich alles, was uns auf dieſe Proceſſe ſchließen und uns von ihnen indirect Weniges erfahren läßt. Mit der Unterſuchung dieſer Erſcheinungen müſſen wir uns ſomit vorläufig begnügen, und ſollte der Kenntniß der Stoffwechſelproducte von manchen Seiten auch kein größerer biologiſcher Werth zugeſtanden werden als den anatomiſchen und morphologiſch-embryologiſchen Befunden, ſo ſtehen ſie doch dieſen an biologiſcher Bedeutung jedenfalls nicht nach und haben ebenſoſehr ein Anrecht bei Erörterung der Frage nach der Zuſammengehörigkeit des Lebendigen in Betracht gezogen zu werden als jene.

Stets wo es gelang, durch äußere Eingriffe, durch ein beſtimmtes Nahrungsmittel, durch Abhaltung allen Lichtes oder gewiſſer Lichtſorten u. ſ. w. den Organismus zu modificiren, handelte es ſich ausſchließlich um morphologiſche Veränderungen. Die geringfügigen Modificationen, welche man an den Stoffwechſelerſcheinungen auf dieſem Wege hervorzubringen vermochte, ſind für den Geſammtorganismus, vorausgeſetzt, daß ſie von dieſem auf die Dauer hin überhaupt ertragen werden, von geringem Belang. Wenn wir dem lebenden Organismus Stoffe einverleiben, mit welchen er bisher noch nicht in Berührung kam, und er dieſelben umzuſetzen weiß, dann haben wir an ihm nur eine Fähigkeit entdeckt, die uns früher unbekannt war; aber noch niemals iſt es gelungen, in einem Lebeweſen neue aſſimilatoriſche oder metaboliſche Kräfte experimentell zu erwecken. Wir verſtanden nur, ähnlich wie bei den, der Hypertrophie und Atrophie fähigen Geweben und Organen, einen in der lebenden Subſtanz neben vielen anderen Proceſſen ablaufenden Vorgang durch unſer Zuthun von

außen beſonders anzuregen und dafür andere vitale Proceſſe zum Stillſtande zu zwingen. So gelang es z. B. *Heckel*[24]), einem franzöſiſchen Biologen, die Leberfunction der *Malpighi*'ſchen Gefäße bei Inſecten (Mantis religiosa, Blatta occidentalis, Cerambyx heros) durch Arſenikfütterung zu vernichten, während dabei ihre Nierenfunction erhalten blieb. Wie in pathologiſchen Fällen weder eine Zelle, noch ein Organ Functionen erkennen ließen, welchen eine qualitative Veränderung ihrer vitalen Verhältniſſe, ihres Aſſimilationsvermögens oder ihres Stoffwechſels zu Grunde lag, ſo war man auch experimentell zu derartigen phyſiologiſchen Transformationen ſtets außer Stande. Nur zu den Sagen rechnet man jetzt die Berichte, daß die Milchdrüſen als Nieren functionirt, daß man mit Hautnerven z. B. der Oberbauchgegend geleſen, mit Empfindungsnerven Tiſche bewegt habe, oder daß Bindegewebszellen binnen 5 Minuten den Charakter von Ganglienzellen angenommen haben.

Mit Ausnahme der bezeichneten Novitäten des Stoffwechſels und der Umformungen, welche auf den erſten Blick bisweilen (z. B. wenn an Stelle der Kiemenathmung die Hautreſpiration tritt) als ſchwerwiegend phyſiologiſche imponiren, im Grunde genommen aber phyſiologiſch nichts bedeuten, gelang es, wie geſagt, an lebenden Thieren bisher ganz ausſchließlich nur morphologiſche Veränderungen experimentell hervorzurufen, — Veränderungen zwar, welche oft (wie z. B. bei der Züchtung der Hausthiere und beſonders des Geflügels) ſehr merkwürdiger Natur ſind. Eine allgemeinere biologiſche Bedeutung kann dieſen Erfahrungen aber umſoweniger zugeſtanden werden, als unſere biologiſchen, unſere functionellen Begriffe, die an der Zelle und an den ſog. organiſchen Geſtaltungsgeſetzen überhaupt haften, außerordentlich minimal ſind. So vermögen wir mit dem hiſtologiſchen Baue weder bei den einzelnen Nerven und Ganglien, noch bei den einzelnen (glatten, quergeſtreiften und doppeltſchräggeſtreiften) Muskeln und Drüſen den

Begriff einer durchweg zutreffenden Functionseigenthümlichkeit zu verbinden; nur durch die ausgezeichneten Unterſuchungen, welche ſich an *Hermann Meyer*'s bahnbrechende Arbeit[25]) über die Structur der Spongioſa knüpfen, gelang es in einer beſtimmten Textur der Knochen ebenſo wie in der Anordnung der Fibrovaſalſtränge in der Pflanze einen phyſiologiſchen Nutzen zu erkennen. Wir wiſſen nicht, warum hier die Zellen klein, warum ſie dort ausnehmend groß ſind[26]), wir wiſſen nicht, warum die Zellen, wie z. B. bei den Blutkörperchen der Säuger, bald eine elliptiſche, bald eine runde Form haben[27]), warum die Drüſen bald traubenförmig, bald ſchlauchförmig geſtaltet ſind[28]); ja wir wußten bis vor kurzem nicht einmal, was ein zelliger Bau vor einem einheitlichen Protoplasmaklumpen voraus hat. Erſt *Bunge*'s und *Schmiedeberg*'s Syntheſe der Hippurſäure[29]) durch das lebende Nierengewebe, denen die mittelſt lebensfriſcher Zellen anderer Organtheile ausgeführten Syntheſen von *Salomon*, *Kochs*[30]) und *Pflüger*[31]) folgten, lehrten uns eine bis dahin völlig unbekannt gebliebene Eigenſchaft des organiſirten lebenden Subſtrates in ſeiner ganzen Tragweite würdigen.

In den Erſcheinungen der Stoffmetamorphoſe manifeſtirt ſich bald eine Zuſammengehörigkeit ähnlich organiſirter Formen, bald tritt das nämliche Stoffwechſelproduct bei ſyſtematiſch ſehr entfernt ſtehenden Gliedern der Thierreihe auf, während daſſelbe bei organiſatoriſch nahe verwandten Formen durch einen functionell zwar gleichwerthigen, chemiſch aber ſehr differenten Körper vertreten wird. In der Verbreitung des Kreatins, Kreatinins und Taurins, der, wie es ſcheint, ausſchließlich auf die Wirbelthiere im Vorkommen beſchränkten Gallenſäuren, Gallenpigmente, in der Verbreitung der organiſchen Gerüſtſubſtanzen[32]) und in den Eiweißkörpern der lymphatiſchen Flüſſigkeiten, welche für gewiſſe Typen oder Gruppen von Thieren charakteriſtiſch ſind[33]), tritt die Abgrenzung eines beſtimmten Modus des Stoffwechſels nach den allgemeinen Organiſationsverhältniſſen klar zu Tage. Die Verbreitung

der reſpirirenden Materien im Blute reſp. in der Hämolymphe, in den Muskeln oder dem Centralnervenſyſtem folgt dagegen viel weniger der Organiſationsanlage. Das Hämoglobin[34]) z. B. findet ſich bei allen Wirbelthieren mit alleiniger Ausnahme der Leptocephaliden[35]); wir begegnen ihm ferner bei Inſecten, vielen Krebſen, Anneliden, Nemertinen und Gephyreen, bei einigen Lamellibranchiaten und Gaſtropoden, wo es bei den einen ausſchließlich in der Ganglienkette, bei anderen in den Muskeln und in der Mehrzahl der Fälle wie bei den Wirbelthieren in den Körperſäften angetroffen wird. Wie ſehr aber den Proceſſen, welche im Thierkörper zur Bildung des Hämoglobins führen, eine ſyſtematiſche Abgrenzung mangelt, erſieht man daraus, daß unter den gemeinen Süßwaſſermollusken der reſpirirende Stoff der Hämolymphe bei Planorbis Hämoglobin iſt, während die Hämolymphe von Limnaeus und Paludina wie diejenige von Helix, Limax, Arion und der meiſten marinen Gaſtropodenformen ſtatt deſſen Hämocyanin führt, daß unter den Gephyreen die perienteriſche Flüſſigkeit von Sipunculus nudus einen ganz beſonderen Reſpirationsſtoff, das Hämerythrin[36]), enthält, während bei anderen Arten dieſer Claſſe, bei Phoronis, Thalassema die Hämolymphe hämoglobinhaltig ſein wird, und daß endlich Lernanthropus ſich wie die höheren Thiere eines durch Hämoglobin gerötheten Blutes zu erfreuen hat, trotzdem bei Meer- wie Süßwaſſercruſtaceen gewöhnlich[37]) das Hämocyanin die innere Athmung vermittelt. Genau denſelben Abweichungen vom Syſteme begegnen wir bei der Harnſäurebildung[38]). Die Harnſäure erſcheint als Stoffwechſelproduct bei fleiſch- wie pflanzenfreſſenden Wirbelthieren (Schlangen, Vögel), bei fleiſch- wie pflanzenfreſſenden Mollusken (Sepia, Helix), bei fleiſch- wie pflanzenfreſſenden Inſecten (Carabus, Lampyris), bei Milben und Tunicaten; bei gewiſſen carnivoren wie phytophagen Fiſchen (Mustelus, Cyprinus) und Mollusken (Octopus, Pinna) ſowie bei Krebſen[39]), Spinnen und Scorpionen[40]) ſcheint dagegen die

Harnſäure vollſtändig zu fehlen und ſtatt ihrer meiſt Guanin aufzutreten.

Aehnlich wie die Federfarbſtoffe bei einigen Vögeln[41]), bezeugen die Pigmente ſchon bei den niedrigſt organiſirten lebenden Weſen und ſelbſt bei den Amorphozoën, daß der Stoffwechſel bei Thieren einer Claſſe bemerkenswerthe Verſchiedenheiten, der Species oder dem Nährboden entſprechend, aufweiſt. Der blaue, von niederen Organismen producirte Farbſtoffkörper, den ich[42]) auf feucht gehaltenem Fibrin ſich bilden ſah, erwies ſich als chemiſch völlig verſchieden von dem blauen Vibrionenfarbſtoffe, den verſchiedene Forſcher amylumreichen Nahrungsmitteln entnahmen; und von allen beiden Stoffen weicht chemiſch ſowohl das färbende Princip des blauen Eiters wie das der blauen Milch[43]) ab, welche beiden Pigmente gleichfalls von einander differiren, trotzdem auch ſie höchſt gering differencirten Organismen ihre Entſtehung verdanken. Dieſe ſeltſamen Farbſtoffverſchiedenheiten, denen ſich weiterhin ein oder mehrere rothe Pigmente hinzugeſellen, bei den vibrionenartigen Weſen, die ſich hierin documentirenden Schwankungen des Stoffwechſels beſtärken uns in der Hoffnung, daß es möglich ſein wird, die Stoffmetamorphoſen auch bei anderen, bei höher organiſirten Thieren willkürlich zu verändern, daß es vielleicht gelingen wird, als Excretſtoff ſtatt der Harnſäure das Guanin, als Reſpirationsſtoff ſtatt des Hämocyanins oder Hämerythrins das Hämoglobin in einem Organismus, der unter gewöhnlichen Verhältniſſen deſſelben entbehrt, entſtehen zu laſſen. Bislang liegen poſitive Reſultate in dieſer Richtung nicht vor, und es werden dieſelben bei, im Syſteme höher ſtehenden Formen um ſo ſchwieriger zu erzielen ſein, weil bei dieſen den vitalen Proceſſen ein viel geringerer Spielraum gewährt iſt als bei den einfacheren Lebeweſen. Die Keimanlage vermag überall in der Thierreihe Ungleichartiges aus ſich zu erzeugen, aber dieſer am productiven Können kaum annähernd vergleichbar erſcheinen ſelbſt die für einen weiteren

Ausbau des Individuums beſtimmten Elemente, welche phyſiologiſch als Folge einer Hiſtolyſe[44]) oder pathologiſch als Granulationsgewebe den vorgeſchriebenen, nur Altes wiederholenden Wachsthumsvorgang ausnahmsweiſe unterbrechen.

Wie ich bereits hervorhob, vermochten wir die Functionen vieler Organe durch äußere Umſtände zu verſtärken, herabzuſetzen und auszuſchalten oder auch zu ihrer Erhaltung beizutragen, aber ſie nicht qualitativ zu modificiren, und zwar deshalb nicht, weil wir die chemiſchen Proceſſe in ihnen nicht zu verändern verſtehen. Wir ſind nur im Stande an einem Organe oder Gewebe einen Cyclus von quantitativen Veränderungen hervorzurufen, welchen mancher Muskel, manche Drüſe in den einzelnen Lebensaltern des Individuums ſelbſt durchläuft.

In ſehr anſprechender Weiſe hat die Descendenztheorie die embryologiſchen Thatſachen für ihren Zweck zu benutzen verſtanden. *Haeckel* erblickt in der Ontogenie eine beſchleunigte Recapitulation der Phylogenie und bezeichnet dieſe Auffaſſung als biogenetiſches Grundgeſetz; aber es iſt dabei ſehr wohl zu berückſichtigen, daß es ſich auch in dieſem Falle nur um formelle oder organiſatoriſche Aehnlichkeiten handelt, nicht um chemiſch-phyſiologiſche, nicht um ſpeciell aſſimilatoriſche. Bemerkenswerth iſt allerdings, wie ſehr gewiſſe Apparate in der Anordnung ihrer Theilſtücke beim Embryo von den ſpäteren Verhältniſſen abweichen. So beſitzt in einem ſpäteren Embryonalſtadium das Herz der Vögel[45]) wie das der Säuger[46]) noch keinen oder einen nur unvollkommen actionsfähigen Hemmungsapparat; die rhythmiſchen Contractionen, die es ſchon zu dieſer Zeit deutlich wahrnehmen läßt, ſcheinen rein protoplasmatiſcher Natur zu ſein, wie denn auch nach *Harting's* Unterſuchungen[47]) zu ſchließen, die Bewegungen der Chromatophoren am Cephalopodenembryo noch nicht von dem complicirten Mechanismus[48]) dirigirt werden, der an der Hautdecke des entwickelten Thieres das wunderbare Farbenſpiel entſtehen läßt.

Zwar hat es keineswegs an Forſchern gefehlt, welche glaubten annehmen zu dürfen, daß bei höheren Thieren die Stoffwechſelproducte des Embryos von denen des ſpäteren Lebens völlig verſchieden ſeien, daß erſtere anfangs denen glichen, welche bei Cölenteraten angetroffen werden, und daß in einem vorgeſchritteneren Embryonalſtadium interimiſtiſch ein Stoffumſatz erfolge, wie er den Mollusken oder Würmern beiſpielsweiſe zukomme, daß die Ontogenie nicht nur morphologiſche Verhältniſſe niederer Thiere reproducire, ſondern auch chemiſch phyſiologiſche. Aber dieſer Vorſtellung liegen entſchiedene Irrthümer zu Grunde, denn derartiges wurde noch niemals beobachtet[49]); es liegen vielmehr eine Anzahl von Thatſachen vor, die gerade das Gegentheil des Angenommenen als richtig erſchließen laſſen. In den Muskeln zweier Rindsföten von 180 und 184 mm. Länge fanden ſich z. B. genau dieſelben Subſtanzen wie im Ochſenfleiſche[50]), und die Gallerte der Meduſen, der Knorpel der Mollusken, die lederartige Hülle der Holothurien beſtehen durchgängig zum bei weitem größten Theile aus Materien, mit denen die Stütz- und Schleimſubſtanzen der Wirbelthiere nichts chemiſch Vergleichbares enthalten. Wir erſehen hieraus, daß ſelbſt den Primordialzellen, aus denen ſich das Individuum entwickelt, trotzdem ſich ihr urſprünglicher Aſſimilationsmodus in den Theilproducten ändert, die qualitativen Veränderungen des Stoffwechſels vom Anfang an genau vorgeſchrieben ſind, und daß in der Kette, die ein Organismus vom Ei bis zu ſeiner Ausbildung durchmißt, keine Subſtanz entdeckt wurde, deren Gegenwart dafür ſprechen könnte, daß der Stoffwechſel höher organiſirter Formen im Anfange der Entwicklung demjenigen tiefer ſtehender Typen mehr gliche als der des ausgewachſenen, des ausgebildeten Thieres. Die intereſſanteſten Erſcheinungen, welche bei höheren Thieren an Verhältniſſe tiefer ſtehender Formen erinnern, bleiben jedenfalls die Verdauungs- und Reſpirationsvorgänge, die von einzelnen Geweben gleichſam

auf eigene Fauſt, unbekümmert um den allgemeinen Verdauungs- oder Reſpirationsproceß des Geſammtorganismus, rein egoiſtiſch ausgeführt werden. Unbehelligt von der Sauerſtoffverſorgung der übrigen Gewebe bezieht ſo z. B. nach *Hubrecht*'s Unterſuchungen[51]) das Nervengewebe mehrerer Nemertinen auf directem Wege ſeinen Sauerſtoffbedarf aus dem umgebenden Meerwaſſer und ſelbſt bei den Säugethieren ahmen die Oſteoklaſten und pathologiſche Zellenneubildungen[52]) einen Verdauungsmodus nach, welcher lange als charakteriſtiſch für die protoplasmatiſchen Geſchöpfe gegolten hat, bis erſt in allerjüngſter Zeit uns die Wiſſenſchaft der vergleichenden Phyſiologie mit dem hochwichtigen Reſultate bekannt gemacht hat, daß der ſog. protoplasmatiſchen Verdauungsweiſe eine Verbreitung auch unter den zoophytiſchen Formen zukommt[53]).

Bisher haben uns die Stoffe, welche wir als eigene Gebilde des Thierkörpers in dieſem antreffen, und welche wir oft, trotz einer functionellen Aehnlichkeit ſubſtantiell auffallend verſchieden fanden, nur inſofern intereſſirt, als ſie uns einen Einblick in die Vorgänge des Stoffwechſels, in die vitalen Proceſſe des Thierkörpers ſelbſt geſtatten. Als aber eine Subſtanz nach der andern als animaliſches Product erkannt, und ſich die Zahl der chemiſch gut charakteriſirten Thierſtoffe ſo erheblich ſteigerte, daß man zweifelhaft wurde, ob ſchließlich mehr Producte thieriſcher oder pflanzlicher Herkunft bekannt ſein werden, da tauchte wiederholt die Frage auf, ob alle die zahlreichen Materien dem Thierleibe wirklich von Nutzen ſind.

Die vergleichende Anatomie hat uns eine Anzahl von Organen als rudimentäre, zurückgebildete und leiſtungsunfähig gewordene verſtändlich gemacht; es iſt kein Zweifel, daß dagegen die vergleichende Thierchemie Subſtanzen nachgewieſen hat, welche für den Organismus, der ſie führt, noch nicht leiſtungsfähig, noch nicht functionsmächtig geworden ſind[54]). Das Hämoglobin, welches für die Säugethiere ein unentbehrlicher Sauerſtoffüberträger iſt, hat

z. B. für das Leben des Froſches, der lange Zeit ohne jeden Tropfen Blut zu exiſtiren vermag, keine jenem Falle annähernde Bedeutung. Welchen Nutzen das tryptiſche Enzym vielen Mollusken, welchen das peptiſche vielen Würmern und Seeſternen ſchaffen könnte, iſt durchaus unbegreiflich[55]), und ſo begegnen wir denn auch großen individuellen Schwankungen in dieſer Beziehung, ebenſo wie der Sauerſtoff übertragende, dem Hämoglobin functionell gleichwerthige Körper in der Hämolymphe des Flußkrebſes bei dem einen Exemplare völlig fehlt, bei einem andern dagegen in ziemlich reicher Menge vorhanden iſt[56]). Das lehrreichſte Beiſpiel aber dafür, daß eine Subſtanz, welche wichtige Functionen zu erfüllen befähigt iſt und bei vielen Thieren dieſelben auch ausübt, für ein lebendes Weſen nutzlos bleibt, iſt Folgendes[57]): Im Plasmodium von Aethalium septicum findet ſich ein auf Eiweißſtoffe äußerſt kräftig wirkendes Pepſin. Dieſes kann in dem Schleimpilze aber deshalb keine oder nur eine ſehr geringfügige Wirkung entfalten, weil das lebende Aethalium-Gewebe conſtant alkaliſch reagirt; denn, wie bekannt, kommt den peptiſchen Enzymen nur in ſchwach ſauren Flüſſigkeiten eine peptoniſirende Kraft auf die Eiweißſubſtanzen zu.

Trotz der vielen individuellen wie ſpecifiſchen Schwankungen prägt ſich doch auch in dem Dienſtbarwerden der Stoffwechſelproducte meiſtens eine Vollkommenheit aus, die derjenigen der Propulſionsorgane, welche die Säftemaſſe im Thierkörper in Bewegung ſetzen, in keiner Weiſe nachſteht.

Wenn Jemand, dem nur die Verhältniſſe bei den Spongien geläufig wären, plötzlich Kenntniß erhielte von den Reſpirationsvorgängen bei den Warmblütern, ſo müßte er darüber im höchſten Maße erſtaunen, und er würde es kaum für möglich halten, daß in der lebenden Welt ein und daſſelbe Bedürfniß nach ſo grundverſchiedenen Principien geſtillt wird. Die Athmung des lebenden Schwammgewebes iſt ſo außerordentlich mächtig, daß darin ſelbſt

Subſtanzen vor einer Oxydation geſchützt ſind, welche eine weit größere Affinität zum Sauerſtoff beſitzen als das Hämoglobin[58]). Auch bei den Inſecten und den Mantelthieren bezieht jede lebensthätige Zelle ihren Sauerſtoff direct von außen, und ſo ſehr iſt bei dieſen Thieren die Körperflüſſigkeit von dem Reſpirationsgeſchäfte entlaſtet, daß darin, ungefährdet für das Leben, Subſtanzen exiſtiren, welche durch Zufuhr geringer Kohlenſäuremengen tiefgreifende Veränderungen erfahren und dabei in ſchwarze, äußerſt reſiſtente Materien übergehen[59]). Würden derartige Stoffe ſich in einem reſpirirenden Blute finden, ſo würden ſie unzweifelhaft durch die beim Reſpirationsproceſſe in's Blut übertretende Kohlenſäure ſofort die angegebene Zerſetzungsweiſe erleiden und durch ihre Zerſetzungsproducte den Kreislauf in den engeren Theilen der Gefäßbahn bald unmöglich machen. Bei den Thieren, deren lebende Gewebe indirect mit Sauerſtoff geſpeiſt werden, bei denen das kreiſende Blut die Sauerſtoffübertragung verſieht, werden aber noch andere Bedingungen gefordert, ohne deren Erfüllung ſich die Athmung auf circulatoriſchem Wege nicht vollziehen kann. Erſtens muß in dieſem Falle die Gewebeathmung weniger energiſch als z. B. bei den Schwämmen erfolgen und zweitens darf die Sauerſtoff bindende Kraft der Sauerſtoff übertragenden Stoffe in der reſpirirenden Flüſſigkeit diejenige der zu verſorgenden Gewebe nicht überſteigen. In beiden Puncten wird von den verſchiedenartigſten Thieren an Mannigfaltigkeit und Vollkommenheit das Erſtaunlichſte geleiſtet. Bei Spirographis Spallanzanii, wo die Gewebeathmung weit energiſcher als bei den Säugern von Statten geht, vermittelt ein Körper die Sauerſtoffaufnahme, welcher mit Sauerſtoff imprägnirt, ſmaragdgrün erſcheint und deshalb von *Ray Lankeſter*[60]) als Chlorocruorin bezeichnet wurde, des Sauerſtoffs beraubt, aber eine rothe Farbe annimmt und ſo in das Erythrocruorin *Ray Lankeſter's* übergeht. Mittelſt der Luftpumpe, mittelſt Zuleitens von Waſſerſtoffgas oder von Kohlenſäure gelingt es nicht, das Chloro-

cruorin von ſeinem Sauerſtoffe zu befreien[61]); es bedarf dazu ſtärkerer chemiſcher Agentien (des Schwefelammoniums oder der *Stokes*'ſchen Löſung), um an ihm einen, dem des lebenden Gewebes gleichen Effect zu erzielen. Bei Sipunculus nudus, wo die Intenſität der Gewebeathmung eine geringere iſt als bei jenem Röhrenwurme, beſorgt das Hämerythrin, welches ſchon nach längerm Einleiten von Kohlenſäure ſeines aufgenommenen Sauerſtoffs verluſtig wird, die Sauerſtoffübertragung; bei den meiſten Gaſtropoden und Cruſtaceen dient demſelben Zwecke das mit einer noch geringeren Sauerſtoff bindenden Kraft als das Hämerythrogen ausgeſtattete Hämocyanogen, und bei den Warmblütern endlich, wo die Stärke der Gewebeathmung am meiſten ſinkt, genügt die Gegenwart des Hämoglobins, um die lebenden Gewebe in den fernſten Bezirken des Körpers mit Sauerſtoff in ausgiebiger Weiſe zu verſorgen.

Auch bei den Verdauungsſäften iſt es hochintereſſant zu ſehen, wie ein Stoff einem andern, functionell gleichwerthigen gegenüber zurücktritt. Es iſt kein Grund dafür einzuſehen, daß bei den Säugethieren die eiweißhaltige Koſt durch zwei Enzyme bewältigt, daß die Eiweißverdauung nicht ausſchließlich von Pepſin oder ausſchließlich von Trypſin beſorgt wird, ſondern daß der Organismus für die Eiweißverdauung ein peptiſches und ein tryptiſches Enzym in ſeinem Secrete entſendet. Man iſt geneigt, hier um ſo mehr an eine Luxusproduction zu denken, als ſelbſt bei Wirbelthieren bald die peptiſche, bald die tryptiſche Wirkungsweiſe der Verdauungsſäfte der andern gegenüber zurücktritt, ja es kann auch die eine oder die andere dieſer beiden Wirkungsweiſen den ſämmtlichen Verdauungsſäften bei einer Thierart (ſo z. B. die peptiſche bei Cyprinus carpio[62]) fehlen. Die Subſtitution des peptiſchen durch das tryptiſche Enzym et vice versa tritt ganz beſonders auffällig bei den Mollusken, Arthropoden und Würmern hervor[63]). Bei Vertretern dieſer Typen begegnet man in dieſer Beziehung ſehr bedeutenden individuellen Schwankungen, indem das Leberſecret des

einen Individuums nur ein peptiſches, das eines andern zu derſelben Art gehörigen Individuums dagegen nur ein tryptiſches oder ein tryptiſch + peptiſches Enzym enthält. Unterſucht man aber die Leberſecrete ſehr vieler Exemplare ein und derſelben Species, ſo erhellen aus der Summe ſchwankender Reſultate die ſpecifiſchen Eigenthümlichkeiten und die ſehr bemerkenswerthen Abweichungen zwiſchen zwei organiſatoriſch nahe ſtehenden Arten. Das Leberſecret z. B. des gemeinen Flußkrebſes enthält in der bei weitem größten Mehrzahl der Fälle trotz ſeiner conſtant ſauren Beſchaffenheit faſt ausſchließlich ein tryptiſch wirkendes Enzym, das ſeines nächſten Verwandten, des Hummers, dagegen meiſt nur Homaropepſin, und bei den meiſten anderen Krebsarten finden ſich in dem Leberſecrete beide eiweißverdauenden Enzyme in ziemlich gleicher Menge vor. Auch bei den Landſchnecken und Würmern begegnet man ähnlichen Verſchiedenheiten: das Leberſecret von Helix pomatia enthält nur Helicopepſin, das von Arion empiricorum, Limax agrestis und L. cinereo-ater dagegen vorwiegend ein tryptiſches Enzym; das Leberdarmſecret von Lumbricus terrestris oder L. complanatus wirkt peptiſch und iſotryptiſch, während der in den Leberblaſen der Aphrodite aculeata angeſammelte Verdauungsſaft nur Iſotrypſin führt.

Selbſt die organiſchen Beſtandtheile der Gerüſtſubſtanzen, von denen man eine ganz beſondere Beſtändigkeit im Vorkommen erwarten ſollte, variiren bei verſchiedenen Species ein und derſelben Thierclaſſe.

Viele Holothurien (z. B. Holothuria tubulosa und H. Poli) haben die ſeltſame Angewohnheit, bei unſanfter Berührung ihre geſammte Eingeweidemaſſe aus der Kloake zu werfen; einige andere Holothurienformen (z. B. Synapta digitata) zerſtückeln ſich unter dieſen Umſtänden, und wiederum bei anderen Arten (z. B. bei Stichopus naso) erweicht in dieſem Falle die derbe lederartige Hautdecke, von der man a priori gar nicht glauben würde, daß

ſie einer Verſchleimung überhaupt fähig wäre. Letztere Erſcheinung beruht darauf[64]), daß der Hautpanzer eine eiweißartige Subſtanz in großer Menge enthält, die in ſchwachen Salzlöſungen außerordentlich leicht löslich iſt; in den Schutzdecken gewiſſer Holothurienarten (z. B. Thyone fusus), welche beim Kochen eine leimartige Materie liefern und deshalb ſich zur Trepangbereitung vorzugsweiſe eignen würden, fehlt jene den ſpontanen Auflöſungsproceß bedingende Subſtanz ſo gut wie vollſtändig, und ſtatt ihrer tritt darin das Tryptocollagen auf, während bei der Mehrzahl der Holothurien in den Hautſchichten beide Stoffe nachzuweiſen ſind[65]).

Ich habe im Vorhergehenden verſucht, in groben Umriſſen die Principien vorzutragen, von denen ſich die Wiſſenſchaft der vergleichenden Phyſiologie bei ihren Unterſuchungen leiten läßt; es iſt mein Wunſch geweſen, zu zeigen, daß auf dieſem Felde an keinem Babelthurme gebaut, an keinem Werke gearbeitet wird, deſſen Nutzen ein rein illuſoriſcher iſt, ſondern daß, wie die mannigfachen Erfolge, welche in dieſer Richtung ſchon jetzt erzielt ſind, deutlich genug beweiſen, hier ein Weg betreten wurde, der ausſchließlich zum Verſtändniſſe der wichtigſten Lebensvorgänge führt, und der betreten werden muß, wenn es in der Biologie mit der äußern Formbeſchreibung, mit den rein morphologiſchen Erſcheinungen nicht ſein Bewenden haben ſoll. Ich habe darauf hingewieſen, daß die Aſſimilationsvorgänge, die Stoffmetamorphoſen, die chemiſchen Proceſſe bei allen allgemein biologiſchen Fragen in erſter Inſtanz in Betracht gezogen werden müſſen, daß lediglich morphologiſche Verhältniſſe, welche gleichſam Ueberproductionen des Lebens darſtellen[66]), hierbei nicht maßgebend ſein können. Müßte, wie noch jetzt viele Forſcher zu glauben ſcheinen, die Biologie bei den vitalen Proceſſen, bei den Producten des Stoffwechſels, bei den Unterſuchungen der äußeren Exiſtenzbedingungen der Thiere thatſächlich Halt machen, dann würde ſie wahrlich beſſer gethan haben, wenn ſie überhaupt nicht angefangen hätte.

Von Uebergängen, von Verbindungsgliedern zwiſchen den einfachen und hoch differencirten Weſen wird ſich bei den Unterſuchungen der eigentlich vitalen Vorgänge allerdings nichts ergeben; denn Derartiges tritt nur bei Lebensproductionen auf, die in der Form, in einer Anordnung der Theile ihren Ausdruck finden. Bei keinem Lebensacte beſteht, in gleicher Weiſe wie bei keinem chemiſchen Proceſſe, etwas Interimiſtiſches von einigermaßen andauerndem Beſtande, nichts was zur Annahme berechtigt, hier läge ein vollkommener, dort ein unvollkommener Lebensact vor; jeder Lebensproceß, jede chemiſche Umſetzung iſt in ihrer Art ſo vollkommen, ſo vollſtändig, wie ſie nur gedacht werden kann, und daſſelbe gilt in dieſer Hinſicht von jedem Lebeweſen, wie ſchon *Claude Bernard* betonte[67]). Entweder ein beſtimmter Proceß findet ſtatt oder er findet nicht ſtatt, entweder ein beſtimmtes Stoffwechſelproduct wird gebildet oder es bildet ſich nicht; Uebergänge, vermittelnde Zwiſchenglieder von zwei Proceſſen in der Art, wie ſie die vergleichende Anatomie ſucht, gibt es in der vergleichenden Phyſiologie des Stoffwechſels nicht. Wie ſich im Laufe dieſes Vortrages genugſam zeigte, ſind für die vergleichende Phyſiologie des Stoffwechſels nur die Subſtitutionen belangreich, welche ihren Ausdruck in der functionellen und ſubſtantiellen Analogie finden, und die Bearbeitung gerade dieſes Kapitels der Biologie dürfte zu den ſchönſten Hoffnungen berechtigen.

Dem Nachweiſe, daß ſeit der Ablagerung der ſiluriſchen und devoniſchen Schichten ein außerordentlich beträchtlicher Zeitraum verfloſſen iſt, und daß deshalb bei der Entſtehung der Arten die Länge der Zeit höchſt wahrſcheinlich eine weſentliche Rolle geſpielt habe, kann nur morphologiſcherſeits eine gravitirende Bedeutung für die Descendenztheorie beigemeſſen werden; denn die vergleichende Phyſiologie zeigt, daß die für's Leben wichtigſten Factoren, die vitalen Proceſſe, ſich momentan verändern müſſen. Plötzlich muß das erſte Hämoglobinmolekül, plötzlich das erſte Kreatin- und

Glykogenmolekül in einem lebenden Weſen entſtanden ſein; denn was hier der Augenblick nicht leiſtet, das vermögen ceteris paribus auch nicht Millionen Jahre. Von dieſem Geſichtspuncte aus ſind für die Biologie Bruchtheile eines Augenblickes ſo mächtig wie Aeonen.

Anmerkungen und Literaturnachweis.

[1]) *Krukenberg,* Das Verhältniß der Toxicologie zu den übrigen biologiſchen Disciplinen. Bolletino della Soc. adriatica di sc. nat. in Trieste. Vol. V. 1879. S. 72—85.

[2]) *Drechſel, E.,* Ueber die Bildung des Harnſtoffes im thieriſchen Organismus. Arch. f. Anat. u. Phyſiol. Phyſiol. Abth. 1880. S. 550—556.

—, Die fundamentalen Aufgaben der phyſiologiſchen Chemie. Ein academiſcher Vortrag. Leipzig. 1881.

[3]) *Hoppe-Seyler, F.,* Ueber Gährungsproceſſe. Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. Bd. II. 1878—79. S. 23.

[4]) *Krukenberg,* Die Farbſtoffe der Federn. Zweite Mitth. Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 154.

[5]) *Wöhler, Fr.,* Verſuche über den Uebergang von Materien in den Harn. *Tiedemann's* Zeitſchr. f. Phyſiologie. Bd. I. 1824. S. 143—146.

—, Lehrbuch der Chemie von *J. J. Berzelius.* Bd. IV. Abth. I. Dresden. 1831. S. 376. Anm.

[6]) *Jaffé, M.,* Ueber das Verhalten der Benzoëſäure im Organismus der Vögel. Ber. d. d. chem. Geſellſch. X. Jahrg. 1877. S. 1925—1930.

[7]) *Salkowski, E.,* Ueber die Taurocarbaminſäure. Ibid. VI. Jahrg. 1873. S. 744—746.

[8]) *Bœhm, Rud.,* Ueber das Verhalten des Glykogens u. der Milchſäure im Muskelfleiſch mit beſonderer Berückſichtigung der Todtenſtarre. Arch. f. geſ. Phyſiol. Bd. 23. 1880. S. 44—68.

[9]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Beiträge z. Chemie der contractilen Gewebe. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. III. 1880. S. 197—220.

—, Unterſuchungen der Fleiſchextracte verſchiedener Fiſche u. Wirbelloſen. Ibid. Bd. IV. 1881. S. 33—63.

—, Die näheren organiſchen Beſtandtheile der Luvarus-Muskeln nebſt einer allg. Betrachtung über den gegenwärtigen Stand der vergleichenden Muskelchemie. Vgl.-phyſiologiſche Studien. IV. Abth. 1881. S. 56—66.

Krukenberg, Weitere Unterſuchungen z. vergl. Muskelchemie. Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 143—147.

[10] *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Beiträge z. Kenntniß der Reſpirationsvorgänge. Vgl.-phyſiol. Studien zu Tunis, Mentone u. Palermo. III. Abth. 1880. S. 66—123.

—, Weitere Beiträge z. Verſtändniß u. zur Geſchichte der Blutfarbſtoffe bei den wirbelloſen Thieren. Vgl.-phyſiol. Studien. V. Abth. 1881. S. 49—57.

—, Zur vergl. Phyſiologie der Lymphe, der Hydro- u. Hämolymphe. Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 87—138.

[11] *Krukenberg*, Ueber das Verhältniß der Leberpigmente zu den Blutfarbſtoffen bei den Wirbelloſen. Vgl.-phyſiol. Studien etc. III. Abth. 1880. S. 181—191.

—, Unterſ. bitter ſchmeckender Evertebratenlebern reſp. deren Secrete auf Gallenſäuren. Ibid. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 175—179.

[12] *Maly, R.*, Unterſ. über die Mittel zur Säurebildung im Organismus u. über einige Verhältniſſe des Blutſerums. Chem. Centralblatt. III. Folge. IX. Jahrg. 1878. S. 56—63 u. S. 73—80.

—, Notizen über die Bildung freier Schwefelſäure u. einige andere chemiſche Verhältniſſe der Gaſtropoden, beſonders von Dolium galea. Sitzungsb. d. k. Acad. d. Wiſſ. in Wien. II. Abth. März-Heft. 1880. S. 376—386.

[13] *Carius, L.*, Ueber eine neue Säure der Reihe $C_nH_{2n-2}O_2$. Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 114. 1860. S. 147—156.

[14] *Liebig, J.*, Jahresber. f. die Fortſchritte der Chemie. Für das Jahr 1850. S. 583 u. 584.

[15] *Gerlach, J.*, Ueber die Einwirkung von Farbſtoff auf das lebende Gewebe. Wiſſenſch. Mitth. der Erlanger phyſik.-medic. Geſellſch. 1858.

Krukenberg, Das Verhältniß der Toxicologie etc. L. c. S. 72 u. 75 ff. (Es ſei bemerkt, daß es in dieſem Aufſatze S. 76 Zeile 2 von oben, ſtatt «bei der Morbus Brightii» ſelbſtverſtändlich «bei morbus regius» heißen muß.)

—, Nachträge z. meinen vgl.-phyſiol. Unterſ. über die Verdauungsvorgänge. Vgl.-phyſiol. Studien. V. Abth. 1881. S. 58—71.

Bunge, G., Ueber das Verhalten der Kaliſalze im Blute. Zeitſchrift f. phyſiol. Chemie. Bd. III. 1879. S. 69.

Koffel, Albr., Ueber die chemiſchen Wirkungen der Diffuſion. II. Ibid. S. 210 u. 211.

[16] *Krukenberg*, Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eiſen in den Concretionen aus dem Bojanus'ſchen Organe von Pinna squamosa. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. 1879. S. 287—289.

[17] *Strecker, Ad.*, Beobachtungen über die Galle verſchiedener Thiere. Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 70. 1849. S. 177.

[18] *Subbotin, V.*, Beiträge z. Phyſiologie des Fettgewebes. Zeitſchr. f. Biologie. Bd. VI. 1870. S. 73—94.

[19]) Vgl. *Semper, C.,* Die natürlichen Exiſtenzbedingungen der Thiere. Leipzig. 1880. Th. I. S. 66 ff., S. 83 u. 84, S. 254 u. 255. Th. II. S. 278.

[20]) Eines der intereſſanteſten Beiſpiele dieſer Art bietet eine Papageienart, Eclectus polychlorus *Wagler. Cf. Krukenberg,* Die Farbſtoffe der Federn. Zweite Mitth. L. c., S. 161—165.

[21]) *Braun, A.,* Ueber das Vorkommen von Zink im Pflanzenreich. *Poggendorff*'s Annalen. Bd. 92. 1854. S. 175—179 und Journ. f. pract. Chemie. Bd. 61. 1854. S. 317—320.

[22]) *Schmankewitſch, W.,* Zur Kenntniß des Einfluſſes der äußeren Lebensbedingungen auf die Organiſation der Thiere. Sonderabdruck aus: Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 22. 1877.

[23]) *Grawitz, P.,* Beiträge z. ſyſtemat. Botanik der pflanzl. Paraſiten mit exp. Unterſ. über die durch ſie bedingten Krankheiten. *Virchow*'s Archiv. Bd. 70. 1877. S. 546—598.

[24]) *Heckel, E.,* De quelques phénomènes de la localisation de substances minérales chez les Articulés; conséquences physiologiques de ces faits. Compt. rend. T. 79. 1874. p. 512—514.

[25]) *Meyer, Herm.,* Die Architectur der Spongioſa. Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1867. S. 615—628.

[26]) Der für die verſchiedenen Typen des Thierreichs wenig charakteriſtiſchen Größendifferenzen der Zellen gedenkt *Leydig* (Lehrbuch der Hiſtologie. Hamm. 1857. S. 15) in folgenden Sätzen: «Man weiß, daß unter den Wirbelthieren bei den Vögeln und Säugern im Allgemeinen die Zellen und deren Derivate kleiner ſind als bei Fiſchen und nackten Reptilien, und unter Letzteren überragen wieder die zelligen Theile des Landſalamanders und des Proteus die aller übrigen Wirbelthiere; doch iſt zuzugeſtehen, daß eine ſtrenge Durchführung dieſes Satzes nicht wohl möglich iſt, denn die Ganglienkugeln des Proteus z. B. ſcheinen mir kaum größer als die des Froſches zu ſein. In den Gruppen der Wirbelloſen dürfte es bei den Arthropoden an vielen Stellen (Darm der Inſecten, Serikterien, Harngefäße etc.) größere Zellen geben, als bei Mollusken, Würmern etc, obſchon auch hier beſtimmte Organe (man denke z. B. an die großen Ganglienkugeln im Gehirn und die langen Cylinderzellen im Darm der Gaſtropoden) ſehr umfangreiche Elementargebilde haben.»

[27]) *Bergmann* und *Leuckart* berührten bereits dieſen Punct. In ihrer «Vergleichenden Anatomie u. Phyſiologie» (Stuttgart. 1855. S. 159) ſchreiben ſie: «Während die Verſchiedenheit der Form der Blutkörperchen bis jetzt zu keinen phyſiologiſchen Folgerungen Anlaß gibt, ſo kann man allerdings an die Größe derſelben eine Bemerkung knüpfen, welche ſich auf ihre Function bezieht. Es wird ſich zeigen, daß die Blutkörperchen wahrſcheinlich bei dem Acte der Athmung betheiligt ſind, daß überhaupt jedes einzelne Blutkörperchen eine vorübergehende, vielleicht kurze Exiſtenz beſitzt. Denken wir uns nun

an der Oberfläche der Blutkörperchen eine Wechfelwirkung zwifchen denfelben und der umgebenden Flüffigkeit, fo ift es klar, daß die Intenfität eines folchen Proceffes eine ihrer Bedingungen in der Summe der Oberflächen der Blutkörperchen hat, an welchen ein folcher Proceß gefchieht; es wird diefer Proceß um fo energifcher vorfchreiten können, je feiner vertheilt ein gewiffes Quantum Blutkörperchenfubftanz im Blute, oder mit anderen Worten, je kleiner die Blutkörperchen find, gerade wie z. B. die Auflöfung eines Salzes um fo rafcher möglich ift, je feiner man es gepulvert hat.» «Diefe Ueberlegung fcheint fchon *Edwards* (De l'influence des agents phys. sur la vie. p. 283) angeftellt zu haben.»

[28]) *Krukenberg*, Der phyfiologifche Vergleich. Vgl.-phyfiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 8.

[29]) *Bunge, G.*, und *Schmiedeberg, O.*, Ueber die Bildung der Hippurfäure. Archiv. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. Bd. VI. 1877. S. 233—255.

[30]) *Kochs, W.*, Ueber eine Methode z. Beftimmung der Topographie des Chemismus im thierifchen Körper. Arch. f. d. gef. Phyfiol. Bd. 20. 1879. S. 64—80.

—, Fortgefetzte Unterf. über die Bildung der Aetherfchwefelfäuren im thierifchen Organismus. Ibid. Bd. 23. 1880. S. 161—171.

[31]) *Pflüger, E.*, Der lebendige Organbrei u. die Topographie des phyfiologifchen Chemismus. Arch. f. d. gef. Phyfiol. Bd. 23. 1880. S. 172—175.

[32]) *Krukenberg*, Zur Kenntniß der organifchen Beftandtheile der thierifchen Gerüftfubftanzen. Vergl.-phyfiol. Studien. V. Abth. 1881. S. 1—37 und ibid., II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 21—75.

[33]) *Krukenberg*, Zur vergl. Phyfiologie der Lymphe etc. L. c.

[34])

Tabellarifche Zufammenftellung

der Hämoglobin-Nachweife bei wirbellofen Thieren[1]).

(o bedeutet in der Tabelle, daß das Spectrum des O-Hämoglobins, o + r, daß daneben auch das des reducirten Hämoglobins beobachtet wurde.)

Würmer.

a) Dendrocöle Turbellarien.

Species.	Gewebe.	Art des Nachweifes.	Beobachter.	Literaturangabe.
Parafitäre Planaria.	nicht angegeben.	fpectrofkopifch (O).	*Moseley.*	Nature. Vol. V. 4. Jan. 1872. p. 184.

[1]) Bei Protozoen, Cölenteraten und Echinodermen konnte das Hämoglobin bislang nicht nachgewiefen werden; Angaben über das Vorkommen Hämoglobin-ähnlicher Stoffe bei Echinodermen und einfacher organifirten Wefen liegen jedoch vor. So befchrieb *J. Roffignon* (Compt. rend. T. 43. 1856. p. 680) als eine dem Blute in ihren phyfikalifchen wie äußeren chemifchen Eigenfchaften ähnliche Flüffigkeit, das in der Nähe des Dorfes de la Virtud bei Cholutcca in Centralamerika aus trachytifchem Geftein entfpringende, an In-

b) Nemertinen.

Species.	Gewebe.	Art des Nachweiſes.	Beobachter.	Literaturangabe.
Meckelia somatotomus u. Ehrenbergii, Polia geniculata.	ausſchließlich die Ganglien.	ſpectroſkopiſch (O).	*Hubrecht.*	Niederl. Arch. f. Zoologie. Bd. II. 1874—75. S. 99—130.
Polia sanguirubra.	Gefäßflüſſigkeit.	ſpectroſkopiſch (O).	*Ray Lankeſter.*	Proceed. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 73.
Drepanophorus rubrostriatus u. serraticollis.	Gefäßflüſſigkeit.	ſpectroſkopiſch (O).	*Hubrecht.*	l. c., S. 104—106.

c) Hirudineen.

Hirudo und Nephelis.	Perivisceralflüſſigkeit.	ſpectroſkopiſch (O).	*Ray Lankeſter.*	Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. IV. 1871. S. 320.
Nephelis.	Perivisceralflüſſigkeit.	Hämatinkryſtalle (?) beobachtet in Form rothgefärbter tafelförmiger Blättchen etc.	*Leydig.*	Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. I. 1849. S. 116. Lehrb. d. Hiſtologie. 1857. S. 446 u. 447.

d) Chætopoden.

Lumbricus terrestris.	Perivisceralflüſſigkeit.	Häminkryſtalle u. Dichroïsmus.	*Rollett.*	Sitzb. d. k. k. Acad. d. Wiſſenſch. zu Wien. Bd. 44. 1861. S. 615 ff.
		ſpectroſkopiſch (O) u. Hämoglobinkryſtalle.	*Preyer* [1])	De hämoglobino obſervationes et experimenta. Dissertatio. Bonnae. 1866. p. 9 et p. 10.
Tubifex, Limnodrilus, Lumbriculus, Enchyträus, Naïs, Chaetogaster.	(Vom Lymphraum getrennte Blutflüſſigkeit.	ſpectroſkopiſch (O).	*Ray Lankeſter.*	Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. IV. 1871. S. 319 u. 320.
Ophelia, Cirrhatulus, Terebella, Eunice, Nereïs.	ſeparirte Blutflüſſigkeit.	ſpectroſkopiſch (O).	*Ray Lankeſter.*	Journ. of Anat. and Phyſiol. Vol. II. 1868. p. 114. Proc. of. the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 73 note.

---

fuſorien reiche Quellwaſſer des Rio de Sangre. Nach *T. L. Phipſon* (Compt. rend. T. 89. 1879. p. 316—318) ſoll ſich ein dem Hämoglobin verwandter Körper bei einer Alge (Palmella cruenta) finden, und nach *Al. Fœttinger* (Bull. de l'Acad. r. de Belgique. T. 49. 1880. p. 402—404 und Archives de Biologie Vol. I. 1881. p. 405-412) kommt in dem Waſſergefäßſyſteme von Ophiactis virens ein rothbrauner Farbſtoff vor, deſſen Spectrum, ähnlich dem des Hämoglobins, zwei Abſorptionsbänder aufweiſt, ohne aber in anderen Eigenſchaften mit dieſem übereinzuſtimmen (cf. *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 94, Anm. 2.)

[1]) Auf Herrn Profeſſor *Preyer's* gefällige Zuſchrift hin, berichtige ich hiermit eine frühere Angabe (Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 110, Anm.), welche *Ray Lankeſter* die Priorität des ſpectralanalytiſchen Nachweiſes des Hämoglobins bei Lumbricus vindicirte. Später als *Preyer*, aber noch früher als *Ray Lankeſter* (November 1867) theilte auch *Nawrocki* (Februar 1867) mit, daß ſich der rothe hämolymphatiſche Farbſtoff bei Lumbricus wie Hämoglobin verhalte.

Species.	Gewebe.	Art des Nachweises.	Beobachter.	Literaturangabe.
Arenicola piscatorum.	Blutflüssigkeit.	Häminkryſtalle.	*A. Ewald.*	Meine Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. I. Abth. 1880. S. 165. Anm. 2.
		ſpectroſkopiſch (O + r)	*Krukenberg.*	Vgl.-phyſiol. Studien. III. Abth. 1880. S. 79.
Capitella, Glycera.	Hämolymphatiſche Körperchen.	ſpectroſkopiſch (O + r).	*Ray Lankeſter.*	Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 72 and 73.
Nereïs cultrifera.	Blutflüssigkeit.	Häminkryſtalle u. ſpectroſkopiſch (O + r).	*Krukenberg.*	Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 95 Anm.
Aphrodite aculeata.	Ganglienkette u. Pharynxmuskeln.	ſpectroſkopiſch (O + r).	*Ray Lankeſter.*	Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 75.
		e) Gephyreen.		
Phoronis.	Hämolymphat. Körperchen.	ſpectroſkopiſch.	*Ray Lankeſter.*	Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 72 and 73.
Thalassema Neptuni.	Hämolymphatiſche Körperchen, Muskeln, Cölomepithel, Cölombekleidung der Geſchlechtstaſchen.	ſpectroſkopiſch (O + r).	*Ray Lankeſter.*	Zool. Anzeiger. IV. Jahrg. Nr. 87. 1881. S. 350—353.
		Arthropoden.		
		a) Cruſtaceen.		
Lernanthropen u. Clavellen.	Hämatiſche Flüſſigkeit.	ſpectroſkopiſch.	*Éd. Van Beneden.*	Zool. Anzeiger. III. Jahrg. Nr. 47. 1881. S. 35—39 u. Nr. 48. S. 55—60.
Cheirocephalus diaphanus u. Daphnia.	Gefäßflüſſigkeit.	ſpectroſkopiſch.	*Ray Lankeſter.*	Journ. of anat. and physiol. Vol. IV. 1869. p. 122.
		b) Inſecten.		
Larve von Chironomus plumosus.	Gefäßflüſſigkeit.	Häminkryſtalle u. Dichroïsmus.	*Rollett.*	Sitzb. d. k. k. Acad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 44. 1861. S. 615 ff.
		ſpectroſkopiſch.	*Ray Lankeſter.*	*Preyer*, Blutkryſtalle. Jena. 1871. S. 262.
		Molluſken.		
		a) Lamellibranchiaten.		
Solen legumen.	Hämolymphatiſche Körperchen.	ſpectroſkopiſch (O + r).	*Ray Lankeſter.*	Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 73 and 74.

b) Gaſtropoden.

Species.	Gewebe.	Art des Nachweiſes.	Beobachter.	Literaturangabe.
Planorbis corneus.	Hämolymphe.	ſpectroſkopiſch (O + r).	*Ray Lankeſter.*	Journ. of anat. and physiol. Vol. II. 1868. p. 114. note 2.
		Häminkryſtalle.	*Krukenberg* und *Mays.*	Vergl.-physiol. Studien. III. Abth. 1880. S. 77. Anm.
Limnaeus, Paludina, Littorina, Aplysia, Patella, Chiton.	Gewiſſe Muskeln des Pharynx u. des Kauapparates.	ſpectroſkopiſch.	*Ray Lankeſter.*	Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. IV. 1871. S. 315. Proc. of the r. Soc. Vol. XXI. Nr. 140. 1872. p. 72 and 76.

[35]) *Kölliker, A.*, Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. IV. 1853. S. 364.

Ray Lankeſter, E., A Contribution to the Knowledge of Haemoglobin. Proceed. of the r. Soc. Vol. XXI. No. 140. 1872. p. 74 and 75.

Robin, Ch., Note sur quelques caractères et sur le coeur caudal des anguilles des Congres et des Leptocéphales. Journ. de l'anat. et de la physiol. 16 Année. 1880. p. 620.

[36]) *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. III. Abth. 1880. S. 66—78.

[37]) *Krukenberg*, ibid., S. 82—99 u. II. Reihe. I. Abth. S. 111 Anm. 1.

[38]) ## Tabellariſche Zuſammenſtellung

einiger Harnſäurebefunde bei wirbelloſen Thieren.

(Als Ergänzung des Verzeichniſſes in meinen „Vgl.-phyſiol. Studien“ II. Abth. 1880. S. 17—21.)

Nur die Angaben ſind im Folgenden berückſichtigt, welche ſich auf das Eintreten der Murexidreaction gründen.

Tunicaten.

Species.	Vorkommen.	Beobachter.	Literaturnachweis.
Molgula (ſpec.?)	Concremente a. d. *Bojanus*'ſchen Organe.	*Lacaze-Duthiers.*	Arch. de Zool. expér. et gén. T. III. 1874. p. 309.
Phallusia mentula.	Darmdrüſen.	*Krukenberg.*	Vgl.-phyſiol. Studien. II. Abth. S. 22.

Mollusken.

Lutraria solenoides.	Concremente a. d. *Bojanus*'ſchen Organe.	*Lacaze-Duthiers* u. *Riche.*	Ann. d. scienc. nat. Sér. IV. T. IV. p. 312.
Pleurobranchus Meckelii und testudinarius.	dito.	*Lacaze-Duthiers.*	Ibid. T. XI. 1859. p. 260.

Species.	Vorkommen.	Beobachter.	Literaturnachweis.
Pleurobranchus marmoratus.	*Bojanus*'sches Organ.	*Krukenberg.*	Vgl.-phyſiol. Studien. V. Abth. 1881. S. 70.
Helix pomatia, nemoralis und hortensis.	Nieren-concremente.	*C. Mylius.*	Journ. f. pract. Chemie. Bd. XX. 1840. S. 509—511.
Limax-Arten.	Excremente.	*Vogel* und *Reiſchauer.*	Neues Repert. f. Chemie. Bd. VI. S. 357.
Sepia officinalis.	Nieren-concremente.	*Harleß.*	Arch. f. Naturg. Jahrg. XIII. 1847. S. 1.
		Krukenberg.	Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. 1879. S. 412.
		Vigelius.	Niederl. Arch. f. Zool. Bd. V. 1880. S. 129.

Arthropoden.

Ixodes.	Dejectionen der Larven und des Mutterthieres.	*Mégnin.*	Compt. rend. T. 83. 1876. p. 994.
Wespen- und Horniſſenlarven.	Secret der *Malpighi*'ſchen Gefäße.	*C. Schmidt.*	*Müller*'s Archiv. 1849. S. 62.
Polistes gallica.	Dejectionen bei der letzten Metamorphoſe.	*Audouin.*	Ann. d. scienc. nat. Sér. II. T. V. 1836. p. 134.
Tachina larvarum, Sitaris humeralis, Bombyx bucephala, Ephippiger vitium.	Fettkörper.	*Fabre.*	Ann. d. scienc. nat. Sér. IV. T. VI. 1856. p. 168.
Sphinx pinastri.	Darminhalt der Puppen.	*Schwarzenbach.*	*Wittſtein*'s Vierteljahrsſchr. f. pract. Pharm. Bd. VI. S. 430. Verhandl. d. med.-phyſik. Geſ. zu Würzburg. Bd. VII. S. 235.
Pieris rapae, Vanessa atalanta.	Fettkörper.	*Leydig.*	*Müller*'s Archiv. 1863. S. 197.
Melolontha vulgaris.	Körnchen in den einfachen u. gefiederten Gängen der *Malpighi*'ſchen Gefäße.	*Kölliker.*	Verh. d. med.-phyſik. Geſ. zu Würzburg. Bd. VIII. S. 227.
Pachytola textor, Meloë violacea, Hydrophilus piceus.	*Malpighi*'ſche Gefäße.	*Kölliker.*	Ibid. S. 230 ff.
Cucujos.	Leuchtorgane.	*C. Heinemann.*	Arch. f. mikr. Anat. Bd. VIII. S. 469.

[39]) In befriedigender Weiſe konnte Harnſäure bei Krebſen bislang nicht nachgewieſen werden (cf. meine «Vergl.-phyſiol. Studien» II. Abth. 1880. S. 20 u. 28). *M. Weber* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 19. 1881. S. 610—612) gab jüngſt an, Urate bei Trichoniscus und anderen Oniſciden (Asellus) im Fettkörper zu beiden Seiten des Darmes gefunden zu haben; doch auch ſeine Anſicht gründet ſich nicht auf die Murexidreaction, ſondern vorwiegend auf die Löslichkeit der Concremente in concentrirter kohlenſaurer Lithionlöſung.

[40]) *Krukenberg,* Unterſ. der Fleiſchextracte etc. L. c., S. 42, Anm. 1.

[41]) *Krukenberg,* Die Farbſtoffe der Federn. Vgl.-phyſiol. Studien. V. Abth. S. 72—99 und II. Reihe. I. Abth. S. 151—171.

[42]) *Krukenberg,* Ueber einen blauen Farbſtoff, welcher ſich auf feucht gehaltenem Fibrin bildete. Vgl.-phyſiol. Studien. V. Abth. S. 43—48.

[43]) *Neelſen, F.,* Unterſ. über Bacterien. X. Studien über die blaue Milch. Beiträge z. Biologie der Pflanzen, herausgegeben von *F. Cohn.* Bd. III. 1880. S. 187—248.

[44]) *Weismann, A.,* Die Metamorphoſe der Corethra plumicornis. Leipzig. 1866.

Mégnin, Note sur la faculté qu'ont certains Acariens, avec ou sans bouche, de vivre sans nourriture pendant des phases entières de leur existence, et même pendant toute leur vie. Compt. rend. T. 83. 1876. p. 993—995.

[45]) *Wernicke, R.,* Zur Phyſiologie des embryonalen Herzens. Jena. 1876.

Krukenberg, Vgl.-phyſiol. Studien. III. Abth. S. 153, Anm. 3.

[46]) *Soltman, O.,* in Jahrb. f. Kinderheilkunde etc. N. F. Bd. XI. 1877. S. 101.

Langendorff, O., Ueber den Nervus vagus neugeborener Thiere. Sep.-Abdr. a. d. Breslauer ärztlichen Zeitſchrift. 1879. Nr. 24.

[47]) *Harting, P.,* Les chromatophores des embryons de Loligo vulgaris. Niederl. Archiv f. Zoologie. Bd. II. 1874—75. Suppl. S. 8—25.

[48]) *Krukenberg,* Der Mechanismus des Chromatophorenſpieles bei Eledone moschata. Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. I. Abth. S. 1—37.

[49]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Abth. S. 61, V. Abth. S. 33 ff. und II. Reihe. I. Abth. S. 33 u. 34.

[50]) *Krukenberg,* Vergl.-phyſiol. Beiträge z. Chemie d. contractilen Gewebe. L. c. S. 117 ff.

[51]) *Hubrecht, A. A. W.,* Unterſ. über Nemertinen aus dem Golf von Neapel. Niederl. Archiv f. Zoologie. Bd. II. 1874—75. S. 99—130.

[52]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. I. Abth. S. 55 u. 56.

[53]) *Krukenberg,* Ueber die Enzymbildung in den Geweben u. Gefäßen der Evertebraten. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univerſ. Heidelberg Bd. II. S. 338—365.

—, Nachtrag zu den Unterſuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten u. Echinodermen. Ibid. S. 366—377.

Krukenberg, Ueber den Verdauungsmodus der Actinien. Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. I. Abth. S. 38—56.

—, Weitere Studien über die Verdauungsvorgänge bei Wirbelloſen. Ibid. S. 57—76.

—, Zur Kritik der Schriften über eine ſog. intracellulare Verdauung bei Cölenteraten. Ibid. II. Reihe. I. Abth. S. 139—142.

[54]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. V. Abth. S. 58.

[55]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Beiträge z. Kenntniß der Verdauungsvorgänge. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 1—45.

—, Zur Verdauung bei den Krebſen. Ibid. Bd. II. S. 261—272.

—, Ueber die Enzymbildung etc. L. c.

—, Nachtrag z. den Unterſ. über die Ernährungsvorgänge etc. L. c.

—, Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gaſtropoden u. Lamellibranchiaten. Ibid. S. 402—417.

—, Notizen z. Literatur über die vgl. Phyſiologie der Nutritionsproceſſe. Ibid., S. 418—423.

[56]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 105 u. 106.

[57]) *Krukenberg,* Ueber ein peptiſches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten u. im Eidotter vom Huhne. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 273—286.

[58]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. III. Abth. S. 111—123 u. V. Abth. S. 49—57.

[59]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. III. Abth. S. 100—104 u. V. Abth. S. 49—57.

Fredericq, L., Sur le sang des Insectes. Bull. de l'Acad. r. de Belgique. 50me Année. 3e Sér. T. I. 1881. p. 487—490.

[60]) *Ray Lankeſter, E.,* Preliminary notice of some observations with the spectroscope on animal substances. Journ. of anat. and physiol. Vol. II. 1868. p. 114—116.

—, Ueber den Einfluß des Cyangaſes auf Hämoglobin nach ſpectrosk. Beobachtungen. Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. II. 1869. S. 493.

—, Abstract of a report on the spectroscopic examination of certain animal substances. Journ. of anat. and. physiol. Vol. IV. 1870. p. 119—129.

Da nach *Preyer,* entgegen der Einſprache *Ray Lankeſter's* (cf. meine Vgl. phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 109, Anm. 1) das Spectrum des Cyanwaſſerſtoffhämoglobins (cf. *Preyer,* Blutkryſtalle. Taf. I. Nr. 12) aus dem Hämoglobin durch Behandlung mit Cyankalium und Schwefelammonium erhalten wird, ſo bleibt es vorerſt zweifelhaft, ob bei demſelben Verfahren aus dem Chlorocruorin derſelbe Körper als aus dem Hämoglobin entſteht, ob beiden Farbſtoffen, wie *Ray Lankeſter* glaubt, ein gleiches Radical zu Grunde liegt.

[61]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 109 u. 110.

62) *Krukenberg,* Verſuche z. vergl. Phyſiologie der Verdauung mit beſonderer Berückſichtigung der Verhältniſſe bei den Fiſchen. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 327—340.

—, Zur Verdauung bei den Fiſchen. Ibid. Bd. II. S. 385—401.

—, Notizen z. Lit. über die vgl. Phyſiol. der Nutritionsproceſſe. L. c.

63) Siehe Note 55.

64) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 35 ff.

65) *Krukenberg,* Ibid. S. 39—44.

66) *Cf. Bernard, Cl.,* Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. T. I. Paris. 1878.

67) *Bernard, Cl.,* Recherches sur une nouvelle fonction du foie. Ann. des scienc. nat. Zoologie. 3e Sér. T. XIX. 1853. p. 340.

II.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

VERDAUUNG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Grundzüge einer vergleichenden Phyſiologie der Verdauung.

Während Chlor und Waſſer ſich am Lichte zu Salzſäure und Sauerſtoff umſetzen, wird die Jodwaſſerſtofffäure durch den Sauerſtoff der Luft unter Abſcheidung von Jod oxydirt. Erſt mit Hülfe der Electrolyſe gelingt es, aus der Salzſäure und der Bromwaſſerſtofffäure die Halyle abzuſpalten. Genau der nämlichen verſchiedenen Widerſtandsfähigkeit begegnen wir bei, unter ſich analog zuſammengeſetzten Kohlenſtoffverbindungen. So erleidet der Schwefelkohlenſtoff ſchon beim Aufbewahren an der Luft durch die Einwirkung des Lichtes eine tiefgreifende Veränderung, indem aus ihm mercaptanartige Körper hervorgehen[1]); die Kohlenſäure läßt ſich dagegen erſt durch ſtärkere Agentien (wie bei der Syntheſe der Ameiſenſäure von *Kolbe* und *Schmitt*[2]) oder der Oxalſäure von *Drechſel*[3])) ihres Sauerſtoffs, und alsdann auch nur theilweiſe berauben. Aber eine große Claſſe unter den lebenden Weſen beſitzt die Fähigkeit, allein unter Lichteinfluß die Kohlenſäure zu desoxydiren, und zwar geſchieht das, ähnlich wie bei der Umwandlung des Sehpurpurs in Sehgelb[4]), am leichteſten durch die gelben reſp. durch die gelbgrünen Strahlen, nicht durch die ultravioletten, welche ſich bei anderen chemiſchen Spaltungen als die wirkſamſten erweiſen. Es ſind, wie allgemein bekannt iſt, die Chlorophyll-führenden Pflanzenzellen und die Chlorophyll-führenden

Chlorophyllfunction.

Thierzellen, welche ihren Bedarf an organiſcher Subſtanz der Kohlenſäure direct entnehmen, und welche außer dieſem, in ſeinem Zuſtandekommen uns bislang völlig dunkel gebliebenen Vermögen keiner weiteren Vorkehrung bedürfen, um ein anderes organiſches Nährmaterial ihrem Stoffwechſel zugängig zu machen.

Mit großem Unrechte hat man ſtets den Ernährungsmodus der Chlorophyll-haltigen Zellen — von dem wir nicht einmal wiſſen, ob er ſich nicht auch ohne Chlorophyll und ſelbſt im Dunkeln vollziehen kann, ja ob er nicht unter dieſen Verhältniſſen, wie es nach *Armand Moreau*'s Unterſuchungen[5]) für die, mit der Außenwelt nicht communicirenden Schwimmblaſen mehrerer Fiſche allen Anſchein hat, thatſächlich exiſtirt, — mit der Ernährung der Chlorophyll-führenden Pflanze oder des Chlorophyll-bildenden Thieres identificirt; denn erſcheint, wie angenommen wird, bei den meiſten Organismen die Stärke und vielleicht auch fettes Oel unter den erſten ſynthetiſchen Producten[6]), zu welchen die Kohlenſäurezerſetzung führt, ſo liegt es als ſelbſtverſtändlich auf der Hand, daß zur Verwendbarmachung dieſer unlöslichen und als ſolche unaſſimilirbaren Stoffe noch Mittel verlangt werden, um auch die Chlorophyll-freien oder, richtiger geſagt, diejenigen Gewebselemente des Körpers, welche des Vermögens der Kohlenſäurezerſetzung entbehren, an dieſem Selbſterwerb participiren zu laſſen.

Begriff der Verdauung. Die Proceſſe nun, durch welche die aus der Kohlenſäure entſtandenen, in den Körperflüſſigkeiten ſchwer- oder unlöslichen Materien (Stärke, Fett und gewiſſe Eiweißſubſtanzen) durch lebende Weſen reſp. durch deren (Zerfalls- oder Secret-)Producte in lösliche Stoffe übergeführt werden, faßt man unter dem Begriffe der Verdauung zuſammen, und wir unterſcheiden dieſelbe auf's Beſtimmteſte ebenſoſehr von den übrigen vitalen Umſetzungen und ganz ſpeciell von der Aſſimilation (d. i. die Anbildung lebender Subſtanz) wie von der Reſorption (d. i. die protoplasmatiſche reſp. intracellulare Aufnahme flüſſiger oder in Löſung befindlicher Materien).

Die Verdauungsvorgänge werden nach der Natur ihres Agens in protoplasmatiſche reſp. cellulare und in ſecretive unterſchieden, und dem entſprechend wird auch ihr Zuſtandekommen auf vitale (ſog. organiſirte Fermente) oder chemiſche (lösliche Fermente oder Enzyme) Wirkungsweiſen bezogen, ohne daß jedoch bislang ſicher entſchieden werden konnte, ob ſich die protoplasmatiſche reſp. cellulare Verdauung ausnahmslos nur durch die ſog. geformten Fermente vollzieht. Der Vorgang der Digeſtion, ſpeziell die protoplasmatiſche reſp. cellulare Verdauung iſt, wie *Bernard*[7]) zuerſt erkannte (aber dabei inſofern ſchlecht unterſchied, als er nicht die protoplasmatiſche reſp. cellulare Verdauung der ſecretiven, ſondern die »propriété digestive« der »fonction digestive« gegenüberſtellte), eine Allgemeinerſcheinung des Lebendigen; ihre Betrachtung fällt demnach an erſter Stelle der generellen Phyſiologie anheim, und unſere erſte Aufgabe würde eigentlich nur die ſein, zu unterſuchen, wo in der lebenden Welt die enzymatiſche Verdauung einſetzt und ſich der rein cellularen Verdauungsweiſe hinzugeſellt. Wenn ich mich trotz *Bernard*'s ausführlicheren Auseinanderſetzungen verleiten laſſe, einen Schritt auf das Feld der allgemeinen Phyſiologie zu thun, ſo glaube ich dieſes Vorgehen dadurch entſchuldigen zu können, daß es für das Verſtändniß vergleichend phyſiologiſch wichtiger Thatſachen unbedingt nöthig iſt, die bei ihrer Zuſammenſtellung maßgebenden Principien, welche durchweg auf allgemein phyſiologiſchen Anſchauungen fußen, genau zu kennen.

Vitale und ſecretive Verdauung.

Verdauung eine allgemeine Lebenserſcheinung.

Iſt es doch keineswegs ſo ganz leicht ſich ohne Weiteres vorzuſtellen, daß jedes lebende Weſen im Beſitz eines Verdauungsvermögens iſt; gibt es doch ſelbſt viele Thiere, welche — ganz abgeſehen von den Formen, welche ein ſog. latentes Leben[8]) führen (d. h. welche todt, aber lebensfähig ſind) — monate-, jahrelang ohne Trank und Speiſe zu leben vermögen, andere, welchen der, von ihren Eltern überkommene Vorrath an Reſervematerial für das ganze Leben ausreicht, und endlich auch ſolche,

welche als echte Paraſiten, nach Art eines Tumor in den geſunden Geweben eines anderen Thieres wurzeln und von dieſem wie das eigene Fleiſch und Blut mit bereits verdauten, reſorbirten und eigens präparirten Nährſtofflöſungen getränkt werden.

Leben ohne Nahrung.

Darf ich an einige diesbezügliche Beiſpiele erinnern, ſo ſei erwähnt, daß beſonders Gaſtropoden lange Zeit ohne Nahrung auszuhalten vermögen. So fand *Wollaſton*[9]) Helix papilio *Lowe* und H. tectiformis, die am 1. Mai 1848 auf der Inſel Porto Santo in Schächtelchen gepackt waren, beim Oeffnen am 19. October 1850 noch lebend, und im Brittiſchen Muſeum wurden Schnecken, welche mit ihren Gehäuſen aufgeleimt, jahrelang in der Sammlung aufgeſtellt geweſen waren, plötzlich durch beſonders günſtige Witterungsverhältniſſe zum Davonkriechen veranlaßt[10]).

Leben auf Koſten von Reſervematerial.

Die Verhältniſſe, wo das Mutterthier für die lebenslängliche Ernährung ſeiner Nachkommenſchaft ſorgt, werden wohl am beſten exemplificirt durch die Reſultate der Unterſuchungen von *Mégnin*[11]) an Acarinen. Binnen eines Monates erhielt dieſer Forſcher von einem afrikaniſchen Ixodes-Weibchen 12,000 Eier (von durchſchnittlich $^1/_2$ mm. im Durchmeſſer und erfüllt von gelbbraunem Dotter), aus denen nach $4^1/_2$—6 Wochen Larven mit Augen, aber ohne erkennbare Reſpirationsorgane hervorgingen. Obgleich *Mégnin* die Larven auf verſchiedene Weiſe zu füttern verſuchte, nahmen ſie doch durchaus keine Nahrung auf. «La présence d'une bonne provision de nourriture en réserve dans leur estomac et qui vient de leur mère donne explication du fait.» Ganz in gleicher Weiſe leben auch die mundloſen Acarinenlymphen aus den Gattungen Hypopus, Homopus, Trichodactylus, Astomes, Cellularis etc. ohne Nahrung. Aus den Ixodes-Larven gehen Weibchen und Männchen hervor; während aber die Weibchen ſpäter enorme Mengen von Blut aufnehmen, gehen die Männchen bald nach der Begattung zu Grunde, ohne — wie ſchon ihre zur Nahrungsaufnahme untauglich gewordenen Mundwerkzeuge bekunden —

während ihres ausgebildeten Zuſtandes auch nur ein einziges Atom von Nahrung zu ſich genommen zu haben.

Ernährung der Parafiten.

Aber noch überboten werden dieſe Abſonderlichkeiten von der Ernährungsweiſe einiger parafitären Weſen. An der ventralen Fläche des Abdominalanhanges von Carcinus mænas findet man nicht ſelten eine gelbliche gefüllte Blaſe, welche ſich bei näherer Unterſuchung als der Genitalſack einer anderen Krebsart (Sacculina carcini *Thompson*) ausweiſt, bei der faſt alle übrigen Organe vollſtändig degenerirt ſind. Dieſer ſackförmige Krebskörper beſitzt eine einzige Oeffnung am hintern Pole, während der vordere, als ein kurzer Anhang wurzelförmige Ausläufer entſendet, die Stomatorhizen oder Radicellen. Letztere Gebilde beſtehen aus feinen Röhren, gefüllt mit milchiger Materie und durchſetzen, ähnlich wie die Hauſtorien der Cuscutaceen, die Gewebe des Wirthes. So lagern ſie ſich bei Carcinus beſonders um den Verdauungstractus bis zum Oeſophagus hin; ſie dringen in die Leber, in die Geſchlechtsorgane, in die Muskulatur der Sternalregion, ja bis in die Spitzen der Füße. Frei davon bleiben aber das Herz, die Kiemen und das centrale Nervenſyſtem, und ſo erklärt ſich, warum der Carcinus ſich auch alsdann noch der beſten Geſundheit zu erfreuen ſcheint, wenn er zwei oder drei Parafiten zu verſorgen hat[12]).

Ein noch ſeltſamerer parafitiſcher Krebs (Laura Gerardiae) lebt nach *Lacaze-Duthiers'* Beſchreibung[13]) in dem Korallpolypen Gerardia tuberculata *Lam.* In das Cönoſark der Gerardia tief verſenkt, ruht in Geſtalt einer nierenförmigen Kapſel von roſa und violetter Farbe der von einem hornigen Panzer umhüllte 1 cm. lange Körper der Laura. Der Panzer des Parafiten iſt von Canälen durchſetzt, die nach außen durch dünne, von feinen Filamenten (Sternhaare) umſtellte Membranen geſchloſſen ſind, nach innen zu aber mit einem Capillarſyſteme in Verbindung ſtehen. Die Sternhaare der Laura gleichen nach *Lacaze-Duthiers'* Anſicht den Stomatorhizen oder Radicellen der Sacculina; ſie beſorgen die

Reſorption der Gerardia-Säfte, welche durch das Secret der ſich im Panzer vielfach veräſtelnden Leberſchläuche die für's Leben der Sacculina geeignete Beſchaffenheit erhalten.

Am überraſchendſten war jedoch die Kunde, daß bei einigen Räderthieren und Krebſen (Lernæaden) das Männchen das Weibchen als Wirth benutzt; auf dieſem nicht nur feßhaft wird, ſondern nach Art der echten Paraſiten ſich von deſſen Chymus oder Körperſafte nährt. Ein merkwürdiges Beiſpiel dieſer Art bietet ferner eine, auch ihres grünen Pigmentes (Bonelleïn) wegen ſehr intereſſante Gephyree des Mittelmeeres, die Bonellia viridis *G.*[14]).

1868 fand *Kowalevsky* bei ſeinen Bonellien, welche ebenſo wie die früher von *Lacaze-Duthiers* unterſuchten, ausſchließlich weiblichen Geſchlechtes waren, im ausführenden Abſchnitte des Eibehälters eine Anzahl kleiner planarienähnlicher Schmarotzer, die ſich ihrerſeits ſämmtlich als Männchen auswieſen. Er ſprach deshalb dieſe paraſitären Weſen, wennſchon mit einer gewiſſen Reſerve, als zwerghaft gewordene Bonellienmännchen an und forderte zu erneuten Unterſuchungen auf. *Catton* und *Marion* folgten zuerſt ſeiner Aufforderung und ſtimmten ſeiner Auffaſſung bei, welche ſpäter auch in *Vejdovský* — der entdeckte, daß bei Bonellia eine wahre Polyandrie exiſtirt — und in *Selenka* ihre Vertreter fand; nur *Greef* glaubte anfangs, daß die fraglichen Thiere Turbellarien ſeien, gab dieſe Anſicht aber ſehr bald wieder auf. Seitdem nun auch durch *Spengel* die Entwicklungsgeſchichte des Bonelliamännchens bekannt geworden iſt, dürfte der Beweis für die Richtigkeit von *Kowalevsky*'s ſcharfſinniger Idee zur Genüge erbracht ſein. *Vejdovský*'s Beobachtungen führten zugleich zu dem intereſſanten Ergebniſſe, daß die Männchen vom Weibchen für gewöhnlich im Vorderdarme ernährt werden und erſt zur Zeit, wo die Eier in den Eibehälter gelangen, aus dem Darmrohre in den Eileiter wandern, um die Befruchtung des Eies zu Stande zu bringen.

Wie ſteht es nun bei dieſen Thieren, die wir gar nicht freſſen

oder nur bereits verdaute Nahrung aufnehmen ſehen, mit der Verdauung? Beſitzen ſie eine ſolche, verdauen ſie oder verdauen ſie nicht? Iſt vielleicht ſpeciell bei den paraſitären Weſen diejenige der beiden Möglichkeiten verwirklicht, wo der lebende Thierleib das zum Aufbau, oder beſſer geſagt zum fortdauernden Wiedererſatz ſeiner verſchiedenen Beſtandtheile außerordentlich mannigfache und z. Th. ſehr complicirte Material fertig vorgebildet und zuſammengefügt aufnimmt?

Das Leben ohne Nahrungszufuhr von außen verliert als ein außergewöhnlich protrahirter Hungerzuſtand (ermöglicht durch reichlichen Reſervevorrath oder bei geringerer Verproviantirung durch einen, mit den Lebensäußerungen allerdings nothwendig verbundenen, aber höchſt unbedeutenden Stoffverbrauch) kein Widerſprechendes, und es ergibt ſich ohne Weiteres, daß auch dieſe Thiere ohne eine cellulare Verdauung nicht fortzubeſtehen vermögen. Etwas anders liegt zur Zeit die Sache bei den paraſitären Formen, welche ohne functionirenden Verdauungstractus (wie z. B. bei den Gregarinen, Opalinen, Cestoden und Acanthocephalen) ſich mittelst der äußern Haut von dem Chymus oder endo- reſp. ectoparaſitiſch von den Körperſäften anderer Thiere beſtändig und fortgeſetzt ernähren; denn es wäre immerhin denkbar, daß bei dieſen den einzelnen lebensthätigen Gewebselementen die Nährlöſung von Seiten des Wirthes unmittelbar in der Beſchaffenheit zuginge, welche für die Ausübung ihrer Lebensfunctionen gefordert wird. Unterſuchungen, durch welche dieſe, wie es ſcheint, ziemlich allgemein gemachte Annahme einen irgendwelchen Anhalt gewinnen könnte, liegen gegenwärtig nicht vor, und ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich auf Grund anderweitiger Thatſachen einer anderen Auffaſſung den Vorzug gebe.

Obſchon die ecto- wie endoparaſitären Species auf verſchiedenartigen Wirthen organiſatoriſch meiſt von einander abweichen, viele Paraſiten auf ein einziges Thier oder auf nur wenige Thierarten

im Vorkommen beſchränkt ſind, und ſich hieraus, obgleich dieſe Thatſachen auch anders interpretirt werden können, eine innige Beziehung zwiſchen dem Schmarotzer und dem Nährboden erſchließen läßt, ſo bin ich doch der Meinung, daß der Paraſitismus nur eine extracellulare, eine ſecretive Verdauungsweiſe entbehrlich machen, daß nur dieſe mit ihren Conſequenzen bei Paraſiten degeneriren, ja völlig obliteriren kann, — niemals aber die cellulare Verdauung, niemals ferner, was ziemlich offen zu Tage liegt, ein typiſches Reſorptions- und typiſches Aſſimilationsvermögen. Ja ich zweifle nicht, daß die Gewebszuſammenſetzung eines Schmarotzers von der ſeines Wirthes ſtets erheblich abweicht, und daß jenem ſelbſt nicht die Stoffwechſelvorgänge fehlen, welche zur Bildung eines eigenartigen Körperſaftes führen. So ſehr auch die Folgen eines andauernden Paraſitismus ſich in der Abnahme der Organiſation bemerkbar machen, ſo werden die vitalen Proceſſe des Schmarotzers doch davon nicht tangirt. Die Ernährungsweiſe des heruntergekommenſten Eingeweidewurmes wird nicht anders verlaufen als die vieler ſanguiſugen Anneliden, und was die Verdauung betrifft, auch wohl kaum verſchieden von der einiger blutſaugenden Wirbelthiere. Die uns bei Schmarotzern bekannt gewordenen Organiſationsverhältniſſe und Stoffwechſelproducte weiſen ebenſo wie die an höheren Thieren gewonnenen Thatſachen, welche für die allgemein biologiſchen Begriffe bislang faſt ausſchließlich maßgebend waren, darauf hin, daß dieſe Anſchauung die richtige ist.

Jede lebende Thierſpecies beſitzt, wenn nicht alles täuſcht, eine Körperflüſſigkeit von eigenartiger Zuſammenſetzung, welche ſie ſich aus dem aufgenommenen Nährmaterial, einerlei wie ihr daſſelbe zufließt, ſelbſt präpariren muß, und wie ſehr der Fortbeſtand der einzelnen lebenden Elemente jedesmal an eine ganz beſtimmte Zuſammenſetzung des umgebenden und zugleich ernährenden inneren Mediums gebunden iſt, lehren mannigfache Erfahrungen zur Genüge. In ähnlicher Weiſe, wie auf gewiſſe, chemiſch äußerſt paſſiv

ſich verhaltende Stoffe oft nur ein einziges oder nur ſehr wenige Gewebe, alsdann aber meiſt ſehr energiſch reagiren, wie das der Befruchtung bedürftige Ei zu ſeiner Weiterentwicklung eine ganz beſtimmte Sorte von Samenelementen verlangt, ſo iſt auch die Exiſtenz vieler lebenden Gewebe an eine Flüſſigkeit gebunden, der normal eine unglaublich conſtante Zuſammenſetzung in mancher Hinſicht bewahrt zu werden ſcheint. An Säugethieren, welche einen Chymus von annähernd gleicher Beſchaffenheit durch ihre Darmzotten reſorbiren, haben die Transfuſionen der jüngſt verfloſſenen Jahre gelehrt, daß die Infuſion verhältnißmäßig geringer Quantitäten eines fremdartigen Blutes (d. h. eines Blutes von Thieren anderer Species) für das Verſuchsthier leicht gefahrvoll wird, daß wenn z. B. bei einem Hunde 20% der urſprünglichen Blutmenge durch Lammblut erſetzt werden, gewöhnlich ſchon am erſten oder zweiten Tage der Tod eintritt, und die variabeln Reſultate der Uebertragung von Infectionskrankheiten zeigen, wie ſehr empfindlich ſelbſt die niedrigſt ſtehenden Lebeweſen für die den nackten Zellen- oder Protoplasmaleib umſpülenden Flüſſigkeiten ſind; zugleich folgt aus dieſen Beiſpielen — ebenſo wie aus den Mißerfolgen, maligne Geſchwülſte von einem Individuum auf ein anderes zu übertragen — in welcher, für die vitalen Proceſſe gravitirenden Weiſe die Körperſäfte naheſtehender Formen verſchieden zuſammengeſetzt ſind. Schließlich will ich auch nicht unterlaſſen daran zu erinnern, daß, wie ſchon *Berzelius* für Albuminlöſungen und andere Forſcher für fremdartiges Blut oder Serum nachgewieſen haben, ſelbſt die nahrhafteſte Koſt direct in das Blut gebracht, bei Säugethieren nur Albuminurie erzeugt.

Iſt es mir aus den angeführten Gründen (deren Summe ſich vorausſichtlich noch beträchtlich vermehren läßt, wenn die mitgetheilten Erfahrungen an Warmblütern leitend für Verſuche an Kaltblütern und ſpeciell an wirbelloſen Thieren geworden ſind) ſchon höchſt wahrſcheinlich, daß die allgemeinen Ernährungs-

vorgänge der freilebenden und der parafitären Formen im Grunde nicht von einander abweichen, daß letzteren nur die inteftinale Verdauung erfpart bleibt, fo liegen zugleich pofitive Beweife dafür vor, daß wenigftens einigen und zwar den typifchften Parafiten (Gregarinen, Cestoden) jedenfalls eine cellulare Verdauung nicht mangelt; denn auch diefe befitzen ihre, wie man wohl annehmen darf, felbft producirten Referveftoffe (von denen außer fettartigen Materien das Glykogen von *Rindfleifch*[15]) bei Cestoden [für Tænia und Cysticercus beftätigt von *Bernard*[16]) und fpeciell für Tænia serrata von *Fredericq*[17])] und von *M. Fofter*[18]) bei Ascaris lumbricoïdes nachgewiefen wurde), die unter gewiffen Umftänden ficherlich wieder in Löfung gehen und aufgebraucht werden; fie (Cestoden) befitzen auch, wie *Sommer* und *Landois*[19]), *Kahane*[20]) und *Pinthner*[21]) nachgewiefen haben, ein mit der Außenwelt nicht communicirendes *(Kahane* u. *Pinthner)* «plasmatifches Canalfyftem» *(Sommer* u. *Landois)*.

Ernährung der Amorphozoën u. Infuforien.

Die Verhältniffe bei den reinen Parafiten leiten uns unmittelbar zu den Ernährungsvorgängen der Amorphozoën und Infusorien. Auch diese Wesen ernähren fich nicht einfach auf dem Wege der Endosmofe, wie *Dujardin* annahm, fondern fie reforbiren, fie affimiliren und fie verdauen; letzteres zwar nicht, wie ich, um nicht misverftanden zu werden, hier abermals ausdrücklich betonen will, vermöge enzymatifcher Secrete, fondern die lebende Subftanz felbft beforgt in einer, zum Ueberfluß oft befchriebenen Weife fowohl die Verflüffigung aufgenommener Nährbeftandtheile als die abgefchiedener Eiweißkörper (wie z. B. nach *K. Brandt*'s Beobachtungen[22]) bei den Heliozoën die Auflöfung junger Acanthinftacheln) und der als Referveftoffe zu betrachtenden Kohlehydrate, von denen Glykogen von *Certes* bei Infuforien, Stärke, amyloïde oder paramyloïde Subftanz von *Gottlieb*, *Schneider*, *Auerbach*, *Rouget* und *Bütfchli* bei Amöben, Gregarinen und Infuforien nachgewiefen wurden[23]).

Ob nun bei dieſer protoplasmatiſchen reſp. cellularen Verdauung Enzyme, und wie weit dieſelben eventuell betheiligt ſind oder ob, wie wir Urſache haben, bei Bacterien und Vibrionen anzunehmen, das Verdauungsvermögen mit dem Tode ausnahmslos erliſcht, — darüber, ſage ich, wiſſen wir nichts, trotzdem ſchon ein eiweißverdauendes Enzym mit ſehr wirkſamen Eigenſchaften aus nackten Protoplasmamaſſen (Aethalium septicum) extrahirt[24]) und auch eine ſaure Reaction am Protoplasma und an Flüſſigkeiten bei Amöben und Infuſorien von *Engelmann*[25]) und *K. Brandt*[26]) conſtatirt wurde. Erwähnen will ich noch, daß verhältnißmäßig nur ſehr wenige, in Löſung befindliche Subſtanzen von der Sarkode der Protiſten — analog dem Krappfarbſtoffe von Geweben höherer Thiere (von den Knochen, dem Schmelz und der Eburnea der Zähne; vom Eierweiß bei Fiſchen und Vögeln, von der Eiſchale, der Schleimhaut des Oviductes, des Kaumagens und des Kropfes beim Huhne; vom Spinndrüſenſecret bei Bombyx etc.) — als ſolche aufgenommen werden; erſt jüngſthin gelang es *K. Brandt*[27]) und *Certes*[28]) den Nachweis zu führen, daß gewiſſe Farbſtoffe (Bismarckbraun, Hämatoxylin, Cyanine oder Bleu de Quinoléïne), aber auch dieſe nur in geringer Menge das lebende Protoplasma ohne eine nachtheilige Wirkung auszuüben, paſſiren und lebende Theile färben.

Vor kurzem wurde durch Mittheilungen von *K. Brandt*[29]) die allgemeine Aufmerkſamkeit auf die paraſitären Algen gelenkt, welche, wie es auch für Salzwaſſerſpongien von *F. E. Schulze* angegeben iſt, nach *Brandt* bei Hydren, Spongillen, einer Süßwaſſerplanarie und zahlreichen Infusorien (Stentor, Paramæcium, Stylonychia, verſchiedene Vorticellinen etc.) vorkommen. *Brandt* ſchließt aus ſeinen Unterſuchungen, daß die bezüglichen paraſitären Algen (Zoochlorellen, welchen bei Radiolarien, gewiſſen Hydrozoën und Actinien die Zooxanthellen entſprechen) ihre Wirthe vollkommen am Leben erhalten. Solange die Thiere wenige oder

gar keine grüne oder gelbe Zellen beherbergen, ernähren ſie ſich ausſchließlich wie echte Thiere durch Aufnahme feſter organiſcher Stoffe, ſobald ſie genügende Mengen von Algen enthalten, ernähren ſie ſich von den Stoffen, welche die Zoochlorellen reſp. die Zooxanthellen lediglich aus anorganiſchem Material (unter Kohlenſäurezerſetzung am Lichte) bereiten.

Ob und auf welche anderen grün gefärbten Thiere *Brandt*'s Theorie zu erweitern iſt, werden fortgeſetzte und beſonders experimentelle Unterſuchungen erſt noch zu lehren haben; ich möchte hier nur darauf hinweiſen, daß es durchaus nothwendig erſcheinen muß, in Fällen, wo der Algencharakter der Zellen nicht ganz offen zu Tage liegt, niemals zu unterlaſſen, den grünen Farbſtoff (welcher nach *Ray Lankester*[30]) selbſt bei Spongilla fluviatilis vom Chlorophyll abweicht und deshalb Chondriochlor genannt wurde) auf ſeine Chlorophyllnatur gründlich zu prüfen, damit ſich ſpäter einmal nichts ähnliches ereignet wie beim Bonelleïn, wo der Bonellia allgemein ein Chlorophyllgehalt zugeſchrieben wurde, aber ſchon die erſte eingehendere Unterſuchung den groben Irrthum aufdecken mußte.

Völlig verfehlt iſt die Idee von *Merejkowski*[31]), daß ſich bei Vertretern der verſchiedenartigſten Claſſen unter den Wirbelloſen das Zoonerythrin findet, und daß dieſes für dieſe Thiere eine analoge Leiſtung beſorgt, wie das Hämoglobin bei Wirbelthieren und bei einigen Wirbelloſen; denn erſtens läßt ſich zeigen, daß in den meiſten von *Merejkowski* bezeichneten Fällen (Actinia, Gorgonia verrucosa, Comatula, Echinus, Toxopneustes, Holothuria, Cucumaria, Phascolosoma, Maja, Palaemon etc.) vom Zoonerythrin in ihren chemiſchen Eigenſchaften abweichende rothe oder braune Pigmente vorliegen; zweitens findet ſich das Zoonerythrin nicht, wie *Merejkowski* glaubt, vorzugsweiſe bei Hämoglobin-freien Thierformen vor, ſondern gerade bei Hämoglobinhaltigen (weit verbreitet unter den Vögeln und Fiſchen), und drit-

tens wird doch ein Pigmentkörper, der, wie ich zeigte, am Lichte einmal desoxydirt durch die oxydirendſten Mittel nicht zu regeneriren iſt, für ein lebendes Weſen als Reſpirationsſtoff ganz unbrauchbar ſein müſſen. Auf die Erfahrungen, daß viele rothe Evertebratenfarbſtoffe ſich unter Lichteinfluß durch Sauerſtoffaufnahme in einen choleſtearinähnlichen Körper verwandeln, und daß daneben ätheriſche Oele in den Geweben gefunden werden, habe ich[32]) früher für die Ernährung gewiſſer Spongien (z. B. mehrerer Suberitiden), deren Farbſtoff mit dem Zoonerythrin als identiſch oder als dieſem in ſeinem phyſikaliſchen wie chemiſchen Verhalten wenigſtens ſehr naheſtehend befunden wurde, eine andere Theorie gegründet, welche ich bereits 1879 in folgendem (hier nur ſtyliſtiſch ein wenig veränderten) Satze kurz zuſammengefaßt habe: «Wie unter Kohlenſäurezerſetzung aus dem Chlorophyll die nothwendigſten Bauſteine des Pflanzenkörpers hervorgehen, ſo wird ſich bei den Suberiten und vielleicht noch bei vielen anderen Schwämmen das Zoonerythrin unter Verbrauch des im Schwammkörper ſelbſt producirten Ozons in Stoffe transformiren, welche für den Schwammorganismus, für den Fortbeſtand ſeines Lebens und für ſein Wachsthum keinen geringeren Werth haben als die Kohlehydrate und die Fette für die lebende Pflanze.»

Ernährung der Spongien.

Zugleich conſtatirte ich aber, daß auf die äußere Schwammfläche geheftete Fäden rohen Fibrins binnen 24 bis 36 Stunden vom Schwammkörper gelöſt und reſorbirt werden, während ſie durch das Thier hindurchgezogen innerhalb viel längerer Zeit keine erkennbare Veränderung erleiden. Da eine mucöſe Flüſſigkeit, welche unter dieſen Verhältniſſen allein — indem ſie am Schwammgewebe kleben bleiben und nicht ſogleich mit dem Meerwaſſer ſich miſchen würde — als Verdauungsſaft von Nutzen ſein könnte, bei den unterſuchten Spongien (Suberites, Chondrosia) nicht vorhanden iſt, ſo ergibt ſich ohne Weiteres, daß nur lebende Zellen des Schwammkörpers die Verdauung wie Reſorption des Fibrins

beſorgen. Durchaus verkehrt iſt deshalb die Schilderung, welche *Miklucho-Maclay*[33]) von der Verdauung der Spongien gibt, über *Metſchnikoff*'s[34]) Angaben über die Nahrungsaufnahme dieſer Thiere verdienen nur inſofern Beachtung, als ſie zu der Frage Anlaß geben, ob hier nicht amöboïde Zellen die Verdauung und Reſorption vermitteln, — eine Auffaſſung, welche wir ſogleich weiter zu berückſichtigen haben werden. Aus einem Zerfallen und Aufgelöſtwerden lebender Protiſten in der Nachbarſchaft des Spongienparenchyms Schlüſſe auf den Verdauungsmodus des letzteren zu ziehen, wie *Lieberkühn* und *Metſchnikoff* wollten, muß als unſtatthaft erſcheinen, da jene protoplasmatiſchen Weſen auch ſchleimig erweichen und zerfallen unter Verhältniſſen (z. B. in höchſt ſchwachen Chininlöſungen, wie zuerſt *Binz* beobachtete), welche mit einer Verdauung nichts zu ſchaffen haben; auch iſt es nicht einmal bekannt, ob dieſe Sarkodethierchen nicht ſelbſt Enzyme oder andere, eine Selbſtverflüſſigung bewirkende Subſtanzen (ähnlich wie es mit der Haut einiger Holothurien geſchieht[35])), bei ſich führen. Durch Verreiben mit Glycerin ſind von mir[36]) aus verſchiedenen Spongienſpecies (ebenſo wie bei Actinien und Meduſen) tryptiſch (d. h. Eiweißſtoffe bei alkaliſcher, neutraler und außerdem auch bei ſehr ſchwach ſaurer Reaction verdauend), diaſtatiſch (d. h. Stärke in Zucker überführend) und auch peptiſch (d. h. Eiweißkörper ausſchließlich in ſauren Flüſſigkeiten verdauend) wirkende Auszüge erhalten worden; ob dieſe Enzyme den Schwämmen bei ihrer cellularen Verdauung aber zu gute kommen, wird noch ſo lange unentſchieden bleiben, als die Reaction ihrer einzelnen Gewebe resp. der bei der Verdauung betheiligten Zellen nicht ſicher beurtheilt werden kann.

Viele jüngere Forſcher haben es dem «alten» *Ehrenberg* ſehr übel genommen, daß er den Infuſorien einen ausgebildeten Verdauungsapparat zuſchrieb; aber niemand von denen, welche gegen *Ehrenberg*'s Auffaſſung ſo lebhaft proteſtirten, unterzog ſich der

Mühe, durch beweiskräftige Versuche den Verdauungsmodus der Actinien und Meduſen zu ergründen, welchen nicht nur *Ehrenberg*, ſondern wir müſſen geſtehen, ſelbſt einige der beſten Kenner der Organiſationsverhältniſſe bei den Meduſen noch heutzutage einen Magen und Verdauungsſecrete zuerkennen. Den letztverfloſſenen Jahren blieb es vorbehalten, hier den Weg zum richtigen Verſtändniß anzubahnen und zu zeigen, daß *Ehrenberg* vollkommen in ſeinem Rechte war, wenn er den Verdauungsmodus der Cölenteraten dem der Protisten für analog hielt. Aber wir ſahen, daß bei den Amorphozoën der Verdauungsact kein ſecretiver, ſondern ein protoplasmatiſcher iſt, und daſſelbe gilt (ebenſo wie für Spongien) ſicherlich auch für Actinien und Meduſen, vielleicht ſogar für die Ctenophoren, an welchen zweckentſprechende Unterſuchungen noch nicht ausgeführt wurden. Ernährung der Actinien und Meduſen.

Bei unſeren Verſuchen über die Verdauung der Actinien und Meduſen gelangten wir[37]) zu ganz ähnlichen Ergebniſſen als bei unſeren Spongienunterſuchungen, nur trat bei jenen Cölenteraten die Auflöſung des Fibrins viel früher ein als bei den Schwämmen. Schon *Fritz Müller*[38]) hatte beobachtet, daß Krebsmuskeln mit den, einer lebenden Tamoya hoplonema entnommenen Randfäden bedeckt und mit ein wenig reinem Seewaſſer übergoſſen in 10—12 Stunden vollſtändig reſp. faſt ganz zu einer trüben Flüſſigkeit gelöſt waren, während entſprechende Muskelſtücke ſich in reinem Seewaſſer während dieſer Zeit nicht merklich verändert zeigten. Ganz die nämliche Erſcheinung ſieht man an ungekochten Fibrinfäden eintreten, welche von den Randfäden einer Zygodactyla oder Cyanea längere Zeit umſchlungen gehalten werden. Bringt man eine mit rohem Fibrin gefüllte Federſpule in den cölenteriſchen Raum eines Cerianthus, einer Anthea oder Sagartia, ſo erfolgt eine Verflüſſigung des Fibrins nur an den Stellen, wo ein inniger Contact zwiſchen den Meſenterialfilamenten und dem Fibrin zu Stande kommen kann; alle anderen Partieen des

Fibrins bleiben unverflüſſigt. Sehr klar ſind die Erſcheinungen, wenn man die bezeichneten größeren Actinienformen zu den Verſuchen verwendet; zweifelhaft fallen die Reſultate bei kleineren Arten aus, weil hier der Auflöſungsproceß zu langſam fortſchreitet, und das Fibrin unter günſtigen Bedingungen, welche im Meerwaſſer ausnahmslos gegeben ſind, zu ſeiner Verflüſſigung durch Fäulnißorganismen kaum längerer Zeit bedarf, als in Berührung mit den verdauenden Geweben kleinerer Zoophytenformen. Durch dieſen Umſtand wurden *Lewes* und *Couch*[39]) bei ihren Verſuchen getäuſcht, und auch ich blieb bei Beginn meiner Unterſuchungen im Zweifel, ob jene Autoren vielleicht nicht doch das Richtige getroffen haben möchten. Aber die Sache verhält ſich genau ſo, wie ich ſie bereits bei Beſprechung der Spongien kurz ſkizzirt habe, und um meinen Vortrag nicht über das geſteckte Ziel hinaus zu erweitern, will ich die bei dieſen gegebene Darſtellung hier nur noch durch wenige Sätze ergänzen.

Die Prüfung der ſchleimigen Secrete, welche den Actinien- wie Meduſenkörper gewöhnlich umhüllen, und beſonders derjenigen Flüſſigkeiten, welche ſich in dem cölenteriſchen Raume und ſeinen Verzweigungen finden, auf eine enzymatiſche Wirkung, hat ſtets ein negatives Reſultat zur Folge gehabt; letztere fehlt jenen ſelbſt bei den, für eine Verdauung günſtigſten Temperaturen (38—40° *C.*). Durch vergleichende Verſuche iſt für Actinien fernerhin gezeigt, daß weder die Neſſelkapſeln (oder ihre Secrete) an der Außenſeite der Tentakeln noch die Flimmerzellen an deren Innenfläche auf Eiweißſtoffe verdauend wirken; es ſind lediglich die Meſenterialfilamente, welche bei dieſen Formen die Eiweißverdauung beſorgen. Bei den Meduſen dagegen ſind allem Anſchein nach ſehr verſchiedenartige Theile der äußeren wie inneren Oberflächen mit einem cellularen Verdauungsvermögen ausgeſtattet[40]); auch durch das Thier hindurchgezogene Fibrinfäden werden bei einigen Meduſenarten (z. B. bei Cyanea capillata) verdaut und reſorbirt. Hier-

bei dürften die von *Metſchnikoff* und *Ray Lankeſter*[41]) über alle Gebühr in den Vordergrund geſchobenen mobilen Zellen mit in Frage kommen, auf deren Nachweis dieſe Forſcher den Cölenteraten eine intracellulare Verdauung vindicirten, aber ohne zu bedenken, daß unter natürlichen Verhältniſſen ſich etwas derartiges bei den Zoophyten kaum ereignen wird, weil die Eiweißnahrung bereits an der Peripherie des Thierleibes der Verdauung und Reſorption unterliegt. Wie geſagt, iſt es aber ſehr wohl möglich, daß amöboïde Zellen bei der Verdauung der Meduſen eine Rolle mitſpielen, indem ihnen eine gewiſſe Verdauungsfähigkeit, welche gleichfalls den Oſteoklaſten und anderen Zellenneubildungen bei Säugern zugeſtanden wird, nicht vollſtändig zu mangeln ſcheint. Daß die für Cölenteraten gang und gebe gewordenen Bezeichnungen wie Magen, Gaſtrovascularapparat, Stomogaſtrium u. dgl. m. phyſiologiſch nicht weniger verwerflich ſind als *Ehrenberg*'s Bezeichnungen (Magen, Darm, Mund und After) bei den Infuſorien, bedarf ſomit keiner weitern Erläuterung; ſchon das völlige Abgeſchloſſenſein des cölenteriſchen Raumes von der Außenwelt bei Individuen von Bougainvillea paradoxa oder die zwiſchen beiden nur durch enge Canäle beſtehende Communication (wie z. B. bei Rhizostomum Cuvieri, wo nach *Hamann*[42]) die cellulare Verdauung in den Trichterkrauſen ſtattfindet) deuten an, wie unrichtig die an dieſe Namen ſich knüpfenden Vorſtellungen ſind.

Daß Zellen von feſtweicher Beſchaffenheit ein ähnliches Verdauungsvermögen beſitzen wie die enzymatiſchen Secrete, wird den nicht wenig überraſchen, der ſich ſeine Anſchauungen nach den Eigenſchaften der wäſſrigen Verdauungsſäfte von Säugethieren, Würmern, Arthropoden, Echinodermen oder Mollusken bildete. Aber wie überall im Thierreiche Secrete von Zellen und lebenden Gebilden wegen der mannigfachen und ganz allmäligen Uebergänge, welche hier beſtehen, nicht ſtreng zu unterſcheiden ſind, ſo bietet uns nach *Ch. Richet*[43]) der an zelligen Elementen reiche

Magenſaft oder, treffender ausgedrückt, Magenſchleim der Fiſche auch ein Beiſpiel dafür, daß zähe ſchleimige Materien ſehr wohl im Stande ſind, die Verdauung der Eiweißſtoffe ebenſo vollkommen auszuführen als der weit flüſſigere Magenſaft der meiſten übrigen Thiere.

Am räthſelhafteſten blieb, welchen Weg die reſorbirte Nahrung im Körper der Zoophyten einſchlägt. Aus neueren Fütterungsverſuchen mit gefärbter Koſt dürfte jetzt zu ſchließen ſein, daß bei Actinien das verdaute Material vorwiegend von den Meſenterialfilamenten aufgenommen wird, bei Meduſen dagegen in's Canalſyſtem übergeht und von dort aus reſorbirt wird; doch ſcheinen bei dieſen die Verhältniſſe der Species entſprechend verſchiedene zu ſein, ſodaß im allgemeinen kaum einer oberflächlich gelegenen Partie ein, wie ſich vermuthen läßt, ſehr ausgeſprochenes Reſorptionsvermögen fehlt.

Ernährung der Turbellarien und Tunicaten.

In ſehr ähnlicher Weiſe wie bei den Cölenteraten wird ſich die Verdauung bei Turbellarien[44]) und Tunicaten[45]) vollziehen; doch geſellt ſich wahrſcheinlich bei einigen Arten dieſer Claſſen dem cellularen Verdauungsmodus bereits der ſecretive hinzu, und bei einigen Tunicatenſpecies dient letzterer wohl ausſchließlich dazu, die aufgenommene Nahrung im Darmcanal reſorptionsfähig werden zu laſſen. Vor allem verdienen die Salpen in dieſer Hinſicht eingehender berückſichtigt zu werden; ſchon an ſich iſt es ſchwer verſtändlich, wie bei dieſen Formen die Nahrung in den meiſt engen und langen Darmtractus hineingelangt, und wie das Unverdaubare ſchließlich wieder herauskommt.

Erſtes Auftreten der ſecretiven Verdauung.

Wir ſind, indem wir bei den Lebeweſen von einfachſter oder ohne jede Organiſation begannen und in der Thierreihe allmälig aufwärts ſtiegen, jetzt bei dem Puncte angelangt, wo die enzymatiſch-ſecretive Verdauung, die Verdauung par excellence, ſich der protoplasmatiſchen reſp. cellularen hinzuaddirt. Letztere, eine Allgemeinerſcheinung des Lebens, bietet den Protiſten wie Zoophyten

das einzige Mittel, ſich der eiweiß-, fett- und kohlehydrathaltigen feſten Koſt zu bemächtigen; bei den Tunicaten beſorgen daneben auch enzymatiſche Secrete die Nahrungsaufnahme, und bei den Claſſen, deren Beſprechung folgen wird, bei den Echinodermen, Anneliden, Arthropoden, Mollusken und Wirbelthieren tritt (vorausgeſetzt, daß es ſich um keine paraſitäre Formen handelt) nur noch die enzymatiſche Verdauungsweiſe äußerlich in die Erſcheinung. Ich brauche aber kaum zu wiederholen, daß die cellulare Verdauung auch bei dieſen Thieren neben der ſecretiven fortbeſtehen bleibt, in einzelnen Fällen ſich auch hier ſehr auffällig manifeſtirt, und daß dieſelbe von uns im Folgenden eben nur deshalb nicht weiter berückſichtigt wird, weil ihre Beſprechung der allgemeinen und nicht der vergleichenden Phyſiologie angehört.

Allgemeines über die ſecretive Verdauung.

Alle Enzyme und ſpeciell die eiweißverdauenden, welche bei Thieren bekannt geworden ſind, ſtimmen unter einander darin überein, daß das Maximum ihrer Wirkſamkeit bei verſchiedenen Temperaturgraden nahezu bei 40° C. liegt. In der Literatur iſt zwar wiederholt über ſchlechte Beobachtungen, welche zum größten Theil auf den Magenſaft von Knochenfiſchen Bezug haben[46]), berichtet, bei welchen man zu einem entgegengeſetzten Reſultate gelangt ſein wollte; man braucht aber noch kein vorzüglicher Experimentator zu ſein, um ſich von den Fehlern, welche bei dieſen Verſuchen begangen ſind, zu überzeugen; jeder muß ſogleich erkennen, daß jene Beobachter quantitative Verſchiedenheiten für qualitative angeſehen und für ſolche ausgegeben haben. Der an ſich ſehr bedeutende Nachtheil, in welchem ſich demnach die poikilothermen Thiere den homoiothermen gegenüber befinden müſſen, wird bei Wirbelloſen dadurch etwas gemindert, daß alle ſecretiv verdauenden Formen über eine verhältnißmäßig ſehr große Menge von Verdauungsſaft verfügen; noch in dieſer Hinſicht günſtiger ſcheint mir aber für die Evertebraten der folgende Umſtand zu ſein. Bei wohl allen Wirbelloſen, welche ihre Nahrung ausſchließlich durch enzy-

matiſche Secrete verdauen, ſind die Freßwerkzeuge gut entwickelt; dieſe erreichen, ſo verſchieden organiſirt ſie bei Vertretern der einzelnen Abtheilungen (z. B. bei Echinodermen, Arthropoden und Ctenobranchien [Rhipidogloſſen, Ptenogloſſen, Rhachigloſſen, Toxogloſſen und Taeniogloſſen]) auch ſind, in vielen Fällen einen erſtaunlich hohen Grad der Ausbildung, ſo daß die Wirbelloſen in der dadurch ermöglichten äußerſt feinen Zertheilung der Speiſen, welche den Verdauungsact ſehr beſchleunigen muß, den meiſten Wirbelthieren bevorzugt erſcheinen müſſen.

Bei allen Thieren mit einer ſecretiven Verdauung begegnen wir auch ein und demſelben Principe der Secretbeſchaffung. Stets ſind es diffeminirte Drüſenzellen oder dem Darme entlang flächenartig ausgebreitete oder endlich conglomerirte Drüſenlager, welche durch ihren Zerfall oder durch Transſudation den enzymatiſchen Verdauungsſaft liefern. Bald beſorgt eine einzige, grob anatomiſch nicht zu ſondernde Drüſenmaſſe die Production ſämmtlicher zur Verdauung erforderlichen Enzyme, bald entſtehen diaſtatiſch wirkende und die Eiweißſtoffe peptoniſirende Enzyme in verſchiedenen Organen, bald liefern verſchiedene Drüſenkörper verſchiedenartige eiweißverdauende Enzyme, — kurz alle Möglichkeiten dieſer Art finden ſich in der Thierreihe verwirklicht. Es iſt hier nicht der Ort, dieſe Differenzen näher zu beleuchten; nur Weniges will ich aus der großen Fülle diesbezüglicher Thatſachen kurz erwähnen. Soviel wir gegenwärtig wiſſen, exiſtiren bei Mollusken zwar beſondere ſäurebildende Drüſen, alle Enzyme (ein diaſtatiſches, ein peptiſches, ein tryptiſches und vielleicht auch ein die Fette emulgirendes) werden aber von einem einzigen Drüſenorgane, der ſog. Leber, geliefert, welche deshalb nicht nur der Leber und dem Pankreas der Säuger, nicht dem Hepatopankreas der Lophobranchier, der Cypriniden und vieler anderen Knochenfiſche vergleichbar iſt, ſondern, wenn Vergleiche hier überhaupt ſchon zuläſſig ſind, functionell als ein Complex von Speicheldrüſen,

Magendrüſen, Leber und Pankreas aufgefaßt werden müßte. Deshalb iſt auch die in jüngſter Zeit gebräuchlich gewordene Bezeichnung der Molluskenleber als Hepatopankreas für dieſes Organ ebenſo unzureichend als die uns von Alters her überkommene der Leber, welche ich vorläufig in Ermanglung einer beſſern noch beibehalten muß. Bei Afteriden, Würmern und Krebſen treffen wir ähnliche Verhältniſſe als bei den Mollusken, nur ſind bei jenen Claſſen rein acidogene Verdauungsdrüſen noch nicht aufgefunden. Bei Inſecten ſind zuerſt wahre (d. h. ein diaſtatiſches Enzym bildende) Speicheldrüſen mit Sicherheit wahrzunehmen, während auch hier die Leber von ihrem productiven Können noch nichts einbüßt.

Dieſes ſind in groben Umriſſen die Reſultate, welche ſich an die neueſten Unterſuchungen über die Verdauung der Evertebraten knüpfen, welche für die einzelnen Claſſen aber nur unter der Berückſichtigung zutreffen, daß auch ſpecifiſche Eigenthümlichkeiten auftreten können. Wie ich bereits angedeutet habe, entſendet die Leber bei den meiſten Wirbelloſen allerdings zwei eiweißverdauende (ein peptiſches und ein tryptiſches) Enzyme in ihrem Secrete; bei einigen Species verſchiedener Claſſen fehlt aber das eine oder das andere von dieſen, und dieſelben ſpecifiſchen, ja individuellen Beſonderheiten geben ſich auch an der Leber im Vorhandenſein oder dem Ausfall der Säurebildung zu erkennen. Schließlich möchte ich nicht unerwähnt laſſen, daß weder alle peptiſchen noch alle tryptiſchen Enzyme, welche wir bei verſchiedenen Thierarten antreffen, in ihren Eigenſchaften genau übereinſtimmen, daß ſelbſt bei nahe verwandten Formen (wie beſonders bei Mollusken) peptiſch qualitativ verſchieden wirkende Leberſecrete vorkommen, aber Sicheres war bislang hierüber nicht zu ermitteln; während uns in der Zerſtörbarkeit des Pepſins durch Alkalien und der des Trypſins durch Säuren ein ausgezeichnetes Mittel geboten wird, Glieder beider Reihen eiweißverdauender Enzyme neben einander zu erkennen, und (außer durch das Vergleichsverfahren) ſo allein die

Thatſache aufgedeckt werden konnte, daß die meiſten Evertebratenlebern ſowohl ein peptiſches als auch ein tryptiſches Enzym zu bilden vermögen, — ſo fehlt uns doch zur Zeit noch jedes ſcharfe Kriterium für eine Unterſcheidung verſchiedener peptiſch wirkender Enzyme[47]).

Einzelheiten über die ſecretive Verdauung bei Vertretern verſchiedener Claſſen.

Gehen wir nun auf einige beſonders intereſſante Specialfälle einer rein ſecretiven Verdauung und im Anſchluß daran auf die Ernährungsweiſe der höher ſtehenden Wirbelloſen etwas näher ein, ſo hätten wir zuerſt der inſektenfreſſenden Pflanzen zu gedenken. Aus der über dieſen Gegenſtand zu dicken Bänden pilzartig angewachſenen Literatur erfährt man aber nur ſehr Weniges, was wirklich von wiſſenſchaftlichem Werthe iſt; man findet darin die Thatſache weitläufig behandelt, daß peptiſch wirkende Säfte auch von dicotylen Pflanzen ſelbſtändig gebildet werden, erhält aber nicht einmal darüber Klarheit, ob ſie dieſen während ihres Lebens überhaupt etwas nützen. Vergleichend phyſiologiſch von großer Bedeutung iſt das Ergebniß der Verſuche von *Hoppe-Seyler*[48]), daß bei Drosera das Enzym leicht im Secrete, aber nicht in den ſecernirenden Blattflächen nachzuweiſen iſt; bei dieſer Pflanze zeigt ſomit die Enzymbildung dieſelbe normwidrige Abweichung als im Darme der Holothuria, auf welche wir zurückkommen werden.

Infectivore Pflanzen.

Verdauung bei Arthropoden, ſpeciell bei Inſecten.

Wir verlaſſen noch nicht, indem wir jetzt zu den Inſecten übergehen, an deren enzymatiſchen Secreten die Forſchung bei Wirbelloſen einſt begonnen hat, ein ganz modernes Gebiet der Forſchung; wir haben immer noch über Reſultate zu berichten, die insgeſammt erſt die Früchte der allerletzten Jahre ſind. Wenn *Senebier*[49]) von *Spallanzani*, deſſen in mehrfacher Hinſicht bahnbrechende Verſuche über die Verdauungsvorgänge ſich auf Amphibien, Reptilien, Vögel und Säuger beſchränken, ſagt: «il a parcouru tout le règne animal pour nous montrer l'uniformité de la nature dans ses procédés, et la manière dont elle plie les formules à tout les cas», — ſo iſt das ein übertriebenes Lob; denn entgegen

der Angabe von *Senebier* wurden nicht einmal die Inſecten von *Spallanzani* in's Bereich der Unterſuchung gezogen. Abgeſehen von vereinzelten Notizen älteren Datums und der unter *Brücke*'s Leitung entſtandenen Arbeit von *S. Baſch*, von der ſich, ſo oft dieſelbe auch von Dilettanten als meiſterhafte Leiſtung geprieſen wurde, nur ſagen läßt, daß ſie (ausgenommen den Nachweis einer diaſtatiſchen Wirkung des Speicheldrüſenſecretes) über die chemiſchen Verdauungsvorgänge von Periplaneta orientalis nur Unrichtiges enthält, — iſt hier an erſter Stelle der umfangreichen Arbeiten von *Félix Plateau* zu gedenken, dem unzweifelhaft allein das Verdienſt gebührt, die Phyſiologie der Verdauungsvorgänge bei Arthropoden erfolgreich angeregt und nach beſtem Können ſtets gefördert zu haben. Eine Beſprechung von *Plateau*'s detaillirten Auseinanderſetzungen darf aber deshalb unterbleiben, weil die Verhältniſſe bei Arthropoden, auf welche ſich ſeine Unterſuchungen beſchränken, diejenigen ſind, welche wir, da ſie eine Allgemeingültigkeit für die höheren Wirbelloſen beſitzen, ſchon im voraus beſprochen haben.

Ich habe einmal beiläufig die Anſicht geäußert[50]), daß da, wo die Leber ein peptiſch wie tryptiſch wirkendes Secret liefert, die Säuerung reſp. Alkalescenz der Secrete nicht in der Art geregelt werde, um der aufgenommenen Nahrung immer eine beſtimmte Reaction zu geben; damit dem Organismus jedoch aus dieſer Unvollkommenheit kein größerer Schaden erwüchſe, ſo würden bei dieſen Thieren ein in ſaurer und ein in alkaliſcher wie neutraler Löſung wirkendes Enzym der Speiſe gleichzeitig beigemiſcht. Es ſind auch hier vor allem die Reſultate einer neueren Arbeit von *Plateau*[51]), welche in vollem Einklange mit meinen früheren Beobachtungen und mit analogen Befunden anderer Forſcher (z. B. *Darwin*'s[52])), die Wahrſcheinlichkeit dieſer Vermuthung erheblich ſteigern; doch möchte ich hierbei nicht ganz das Moment außer Augen laſſen, daß es ſich in gewiſſen Fällen, (beſonders in ſolchen, wo die Verhältniſſe bei organiſatoriſch naheſtehenden Formen ge-

rade entgegengeſetzte[53]) ſind) auch um eine veritabele Luxusproduction handeln dürfte.

Die Claſſe der Inſecten bietet uns mehrere ſehr prägnante Beiſpiele dafür, daß an jeder beliebigen Stelle des Darmrohres Leberdrüschen entſtehen können, deren Entwicklungsgrad von der Natur ihrer Enzyme, der Beſchaffenheit der zu verdauenden Nahrung und der Zeit, während welcher das Secret im Darmrohre ſeine Wirkung entfalten kann, abhängen wird; andere Beiſpiele (wie der außerordentlich lange Darm des fleiſchfreſſenden Hydrophilus) lehren, wie unberechtigt die gang und gebe gewordene Vorſtellung iſt, daß den Pflanzenfreſſern ein langer, den Fleiſchfreſſern dagegen ein verhältnißmäßig kurzer Darm eigen iſt, und eine andere, beſonders bei Inſecten deutlich wahrnehmbare Erſcheinung — aber nicht, wie man lange glaubte, eine Eigenthümlichkeit derſelben, denn ſie fehlt auch bei anderen Arthropoden, bei Gaſtropoden, Anneliden und Aſteriden nicht — iſt die theilweiſe orale Bewegung des Leberſecretes: eine Thatſache, welche ungewöhnliche anatomiſche Befunde (z. B. bei der Larve von Corethra plumicornis[54]) und bei afterloſen Inſectenlarven[55])) leicht verſtehen und der allgemeinen Regel ſubſummiren läßt. Um dieſe Vorwärtsbewegung und gleichmäßige Vertheilung des Leberſecretes im Verdauungsrohre zu ermöglichen, finden ſich bei Inſecten ebenſo wie bei Gaſtropoden (Wülſte und Falten im Darmblindſacke bei Helix[56])) und Cephalopoden (ſog. Spiralmagen[57])) bisweilen beſondere Einrichtungen; als ſolche betrachte ich unter anderen den ſog. Proventriculus der Orthopteren, welcher mir mit Unrecht dem echten Kaumagen der Vögel oder dem als Darmpreſſe wirkenden Muskelbulbus am Vorderdarme von Mugil cephalus verglichen zu ſein ſcheint[58]).

Verdauung bei Mollusken.

Auch die Verdauungseinrichtungen der Mollusken bieten einige Eigenthümlichkeiten, welche gleich denen der Inſecten aber nur auf Nebenumſtände Bezug haben.

Jederzeit vom hervorragendſten Intereſſe war der ſog. Kryſtallſtil (Knorpelſtil *Langer*'s), welcher ſich bei mehreren Lamellibranchiaten wie Cephalophoren findet, und über deſſen Function ſehr verſchiedene, z. Th. ſehr vage Behauptungen aufgeſtellt wurden. Es iſt dies in den meiſten Fällen ein durchſichtiger Gallertſtab, welcher das Lumen eines (bei einigen Arten ſehr entwickelten) Darmblindſackes oder, wenn dieſer fehlt, das Darmrohr ſelbſt an manchen Stellen faſt vollſtändig ausfüllt und ſo den Chymus zwingt, in möglichſt nahe Berührung mit dem reſorbirenden Epithelbelag des Darmes zu treten. Der Kryſtallſtil erſcheint hiernach als Theilſtück eines höchſt merkwürdigen Mechanismus, an welchen die Typhloſolis der Lumbriciden und ähnlich gelagerte Leiſten bei anderen Würmern nur entfernt erinnern. Während ſonſt im Thierreiche einem geſteigerten Reſorptionsbedürfniſſe durch Faltenbildungen, durch kegelförmige Erhebungen der Secretionsfläche auf unterliegenden Gallertzapfen (bei Luvarus imperialis), durch blindſackförmige Anhänge, durch rhythmiſche Contractionen der Darmmuskulatur oder in vereinzelten Fällen auch wohl durch eine Zunahme der Darmlänge entſprochen wird, gelangt der Organismus vieler Mollusken einfach dadurch zu demſelben Reſultate, daß ein elaſtiſcher Stempel aus todter Materie das Centrum des Darmrohres verſchließt und der Nahrung nur einen verzögerten Durchtritt an den peripheren Bezirken geſtattet. Als ich[59]) auf dieſen augenſcheinlichen Nutzen, den der Kryſtallſtil — welcher, wie die eingehenden Unterſuchungen von *J. Hazay*[60]) für Süßwaſſermuſcheln außer allen Zweifel geſtellt haben, zwar nicht immer, doch während der längſten Zeit im Jahre das Darmrohr theilweiſe verſtopft — nothwendig für das Reſorptionsgeſchäft haben muß, vor zwei Jahren zuerſt aufmerkſam machte, da war ich mir wohl bewußt, daß damit die Function des Kryſtallſtils nicht erſchöpfend ausgedrückt ſein würde. Die ganze Bedeutung dieſes ſonderbaren Gebildes iſt erſt durch *Hazay* bekannt geworden. Dieſer Forſcher fand, daß der

gallertige Inhalt der Darmerweiterungen bei Süßwaſſeracephalen vom Frühjahr bis zum Herbſte zunimmt, und daß Hand in Hand mit deſſen Anſammlung ſich der Kryſtallſtil entwickelt. Bei Muſcheln, welche zu Ende October, und zu Anfang November unterſucht wurden, war der ſog. Magen leer, d. h. er enthielt keine Gallerte, dafür aber den ausgebildeten Kryſtallſtil. Dieſer nahm im December, Januar und Februar allmälig ab und war zu Ende März gänzlich verſchwunden. *Hazay* ſchließt aus dieſen und einigen anderen Beobachtungen, daß der Kryſtallſtil verhärtete Gallerte (ein Theil des Leberſecretes?) iſt und den für den Winterſchlaf erforderlichen Vorrath an Eiweiß repräſentirt. *Hazay* ſcheint ſeine Befunde vollkommen richtig interpretirt zu haben; aber in Hinblick darauf, daß dieſe Erſcheinung, wo der Darm die Reſerveſtoffe zu beherbergen hat, nirgends bei Thieren ein Analogon findet, habe ich auf meine frühere Erklärungsweiſe nochmals hingewieſen, denn auch der von mir geltend gemachte Factor ſcheint für die Functionskenntniß des Kryſtallſtils belangreich zu ſein.

Bei einer großen Abtheilung unter den Nacktſchnecken (den Aeolidiern) und auch bei anderen Species (z. B. bei Tethys fimbria s. leporina) trägt das Darmrohr eine oft anſehnliche Zahl ſeitlicher Taſchen, welche ſich in die papillenartigen Fortſätze, die den Körper des Thieres außen garniren, hineinerſtrecken. Man weiß ſeit lange, daß in dieſe Taſchen Speiſebrei gelangt, und ich zeigte[61]), daß darin auch verdaut wird. Die functionell allein richtige Bezeichnung dieſer Darmanhänge iſt deshalb Hepatoïnteſtinalcanäle, und die ſtatt deren dafür gebräuchlichen Namen, welche den canaux gastro-hépatiques oder dem appareil gastro-vasculaire *Milne-Edwards'* und dem appareil gastro-biliaire *Souleyet's* nachgebildet ſind, erwecken in Betreff ihrer Function ſchon deswegen eine vollkommen irrige Vorſtellung, weil ein dem Magen höherer Thiere vergleichbares Organ den Wirbelloſen (bei welchen, wie wir ſahen, das Leberſecret die Eiweißverdauung ganz aus-

ſchließlich beſorgt) insgeſammt vollſtändig fehlt. Dieſe Gebilde haben vor einigen Decennien ein großes Intereſſe erregt, und man glaubte, daß ihr Vorkommen mit der Abweſenheit eines Gefäßapparates Hand in Hand gehe, was in beſchränkterem Maße auch richtig ſein wird.

Verdauung bei Würmern.

Wenden wir uns nun zu den Würmern, ſo treten uns den Hepatoïnteſtinalcanälen der Aeolidier morphologiſch ähnliche Bildungen entgegen, wie z. B. in den Leberblaſen der Aphroditiden[62]). Wie ihr Name richtig beſagt, dienen dieſe Darmanhänge nur der Secretion, der Aufbewahrung und Ableitung des Leberſecretes und ſind als ſolche nicht analog den Hepatoïnteſtinalcanälen der Aeolidier, vielleicht aber der ſog. «grünen Drüſe» der Siphonostomen. Dem Hepatoïnteſtinal-Apparate äußerlich ſehr verwandt, erſcheinen auch die ſog. Magentaſchen von Hirudo officinalis, welche jenem aber gleichfalls nicht analogiſirt werden dürfen, weil Hirudo keine ſecretive inteſtinale Verdauung beſitzt, ſondern die nährenden Beſtandtheile des von ihm geſogenen Blutes vom Darme aus einfach reſorbirt werden[63]). Dieſe Reſorption erfolgt bei Hirudo ausnehmend langſam. *G. F. Stoelter*[64]), unſer beſter Kenner der Lebensweiſe von Hirudo, hat unter einer Menge von Egeln, die mit rothem warmen Blute genährt waren, ſelbſt nach Verlauf des zweiten Jahres, während welcher Zeit ſie keine Nahrung erhielten, immer einzelne Exemplare gefunden, die einen Theil unverdautes Blut bei ſich führten und noch ſo kräftig waren, um neuer Nahrung noch nicht zu bedürfen.

Die im Magen der Selachier (und in dem kräftig wirkenden Magenſafte dieſer Fiſche tagelang am Leben zu erhaltenden) Trematodenarten regen wie andere Eingeweidewürmer, welche gleich jenen Formen den energiſchſt wirkenden Darmſecreten ſtändig exponirt ſind, die Frage an, warum dieſe Weſen gleich der lebenden Magen- und Darmſchleimhaut den Verdauungsſäften zu widerſtehen vermögen: eine Frage, die oft berührt und zu er-

klären verſucht wurde, aber kaum ſchon endgültig entſchieden ſein dürfte.

Verdauung bei Afteriden.

Dem Leberdarme, wie er ſich bei den meiſten Anneliden findet, ähneln die langen Leberſchläuche (die ſog. Radialanhänge des Darmes) der Afteriden. Auch dieſe dienen wie die Leberblaſen der Aphroditiden nur zur Bildung und Aufbewahrung des Leberſecretes und ſind, da in ihnen nicht verdaut wird, den Hepatoïnteſtinalcanälen der Aeolidier ebenſowenig wie jene vergleichbar[65]).

Verdauung bei Echiniden u. Holothurien.

Unſere allgemeine Darſtellung der Verdauungsvorgänge bei den Wirbelloſen würde unvollſtändig bleiben, wenn wir nicht noch des gegenwärtigen Standes unſerer Kenntniſſe von der Verdauung bei den Holothurien kurz gedenken würden. In dem, aller makroſkopiſchen Secretionsorgane baaren Darme der Holothurien trifft man wie bei allen höheren Wirbelloſen einen mehr oder weniger ſtark gefärbten Verdauungsſaft, der ſich gleich dem der Arthropoden, Mollusken und Würmer verhält, indem er in der Regel ſowohl ein diaſtatiſches wie ein peptiſches und tryptiſches Enzym, jedes oft in ſehr wirkſamer Menge führt. Woher dieſe Enzyme ſtammen, in welchen Organen des Holothurienkörpers dieſelben gebildet werden, wiſſen wir nicht; bekannt wurde nur, daß auch extrainteſtinale Gewebe gewiſſer Holothurienarten Enzyme enthalten, und hieraus würde der Schluß zu ziehen ſein, daß der inteſtinale Verdauungsſaft nicht von den Geweben des Darmrohres, ſondern von dieſem entfernter gelegenen gebildet wird und erſt auf Umwegen in den Darm gelangt. Die Verhältniſſe bei den Afteriden und Echiniden, wo der Darm reſp. deſſen Annexe ſelbſt enzymbildend ſind, laſſen uns jedoch vermuthen, daß im Darme der Holothurien Secretionsorgane nur deshalb experimentell nicht ſicher nachzuweiſen ſind, weil in dieſen die Enzymbildung langſam, die Ausſcheidung des Secretes aber verhältnißmäßig raſch von Stattengeht.

Verdauung bei den Fiſchen.

Wer die gebräuchlichen zoologiſchen Lehrbücher in Betreff der Verdauungsdrüſen bei den Fiſchen conſultirt, wird ausnahmslos angegeben finden, daß den Fiſchen wie den fleiſchfreſſenden Cetaceen die Speicheldrüſen vollſtändig fehlen; ja viele Forſcher haben ſich durch dieſe negativen anatomiſchen Befunde ſogar verleiten laſſen, die Anweſenheit des Speichels bei den Fiſchen als ſelbſtverſtändlich zu negiren und aus dieſer vermeintlichen Abweſenheit Schlüſſe auf die Speichelfunction bei den Säugern zu ziehen. Ich laſſe es dahin geſtellt, ob bei einigen Fiſchen nicht auch grobanatomiſch iſolirbare Speicheldrüſen, wie z. B. *Meckel* und *Rathke* wollten, vorhanden ſind und berichtige hier nur die Annahme, daß den Fiſchen diaſtatiſch wirkender Speichel fehlt.

Schon *Spallanzani*[66]) ſchrieb: «Au commencement de l'œsophage des Carpes, immédiatement sous les dents, leur palais est couvert d'une liqueur blanche, abondante, visqueuse, insipide, qui se reproduit au moment qu'elle a été essuyée avec un petit linge. L'on y découvre plusieurs papilles blanches et aiguës, dont la base est large, qui laissent échapper une liqueur quand elles sont comprimées; dans les autres places voisines qui sont sans papilles, on en fait aussi sortir une liqueur par une légère compression; mais cette liqueur me paraît différente de la première, elle est plus transparente, plus fluide, et presque point visqueuse.» Jetzt haben die experimentellen Unterſuchungen auch auf's Beſtimmteſte dargethan, daß die Mundſchleimhaut des Karpfen und des Lophius piscatorius von einer, gekochte Stärke raſch ſaccharificirenden Flüſſigkeit befeuchtet wird, und ſpätere Unterſuchungen werden nur darüber Licht zu verbreiten haben, welche hiſtologiſche Beſchaffenheit die Drüſenzellen beſitzen, denen das diaſtatiſch wirkende Enzym entſtammt.

Auch über das Pankreas der Fiſche curſiren nur irrige Anſchauungen. Ein Pankreas, ſo lautet meiſt die gang und gebe gewordene Anſicht, findet ſich nur bei einigen Fiſchen, und die

ſog. Appendices pyloricae können als ſolches nicht functioniren, weil bei einigen Arten (z. B. bei Perca fluviatilis) neben den Pylorialanhängen auch ein geſondertes Pankreas vorkommt. Ich will auf den logiſchen Fehler, welcher letzterer Schlußfolgerung zu Grunde liegt, nur ganz kurz aufmerkſam machen; dieſer beſteht nämlich darin, daß man die Möglichkeit nicht erwogen hat, daß auch zwei morphologiſch verſchiedenartige Organe in principi ein und dieſelbe Leiſtung entfalten können. Die Neuzeit hat ſich aber nicht damit begnügt, nur dieſe Möglichkeit aufzuſtellen, ſondern zugleich gezeigt, daß es ſich bei den Fiſchen thatſächlich ſo und nicht anders verhält; bald liefert hier nur der Magen, bald nur oder vorzugsweiſe nur das Pankreas reſp. ein Hepatopankreas, bald gemeinſam mit jenen auch der Mitteldarm (deſſen Schleimhaut alsdann, um möglichſt ausgiebig ſecretoriſch thätig ſein zu können, oft Falten und Wülſte bildet oder ſich zu den Appendices pyloricae ausſackt) die eiweißverdauenden Secrete.

Die Verhältniſſe bei den Fiſchen beanſpruchen gerade deshalb eine beſondere Berückſichtigung, weil uns darin die letzten Anklänge des für die höheren Wirbelloſen charakteriſtiſchen Verdauungsmodus entgegentreten. Vor allem gilt dieſes von der ſowohl ein peptiſch und tryptiſch wie auch ein diaſtatiſch wirkendes Secret producirenden Mitteldarmſchleimhaut einiger Fiſche und außerdem von dem Hepatopankreas, welches bei zahlreichen Species nachgewieſen wurde. Bereits 1827 kam *Ernſt Heinrich Weber* zu dem Ergebniſſe, «daß die Leber bei den Cyprinus-Arten zugleich die Function des Pankreas habe, weil ſie nämlich mit doppelten Ausführungsgängen, von denen die einen Galle, die anderen einen davon verſchiedenen Saft führen, verſehen iſt, weil ſie auch ihrer Farbe, Form, Anheftung an dem Darmcanale und ihrer Eintheilung in kleinere Läppchen nach, mehr Aehnlichkeit mit einem Pankreas als mit einer Leber hat, und weil endlich ihr Geſchmack nicht mit dem der Leber bei anderen Fiſchen übereinſtimmt.» *Weber*'s

Beobachtungen erregten die Aufmerkſamkeit von *Claude Bernard*, der ſich in ſeinem Mémoire sur le pancréas (p. 543) über *Weber*'s Anſicht folgendermaßen äußerte: Ich kann die Auffaſſung nicht zulaſſen, welche vorausſetzt, daß ein und daſſelbe organiſche Gewebe ſehr verſchiedene Functionen erfüllen kann; aber es könnte indeſſen ganz gut möglich ſein, daß die beiden Gewebe (des Pankreas und der Leber), obwohl anatomiſch wie phyſiologiſch von einander weſentlich verſchieden, eine einheitliche Maſſe bilden. *Legouis*' umfaſſende anatomiſche Unterſuchungen lieferten neue Anhaltspuncte für die *Bernard*'ſche Deutung der *Weber*'ſchen Befunde; aber daß die Vermuthung *E. H. Weber*'s in der von *Cl. Bernard* interpretirten Weiſe nicht nur für Cyprinus, ſondern zugleich für eine große Anzahl von Arten, welche den verſchiedenſten Familien unter den Fiſchen zugetheilt werden, vollkommen richtig iſt, wurde erſt nach genau 50 Jahren experimentell bewieſen[67]).

Alle die zahlreichen Dislocationen der Verdauungsdrüſen, wofür die Fiſche ſo inſtructive Beiſpiele bieten, werden aber an Seltſamkeit noch bei weitem überboten von den ſog. Beindrüſen der Phronimiden, — vorausgeſetzt, daß *Claus*' Deutung[68]) ihrer Function die richtige iſt. Man würde ſich alsdann das bei dieſen Krebſen beſtehende Verhältniß dadurch veranſchaulichen können, daß man ſich vorſtellt, unſere Speichel-, Pankreas- und Magendrüſen befänden ſich in unſeren Armen, ihre Ausführungsgänge mündeten an der Volarfläche unſerer Hände nach außen, ſo daß jedem ergriffenen Biſſen die für ſeine Verdauung erforderliche Secretmenge gleich bei ſeiner Einführung in den Mund mitgegeben und ſchon in dieſem die Speiſe mit dem Verdauungsſafte auf's innigſte gemiſcht wird.

Und auch die Fälle, wo der Vorder- oder Enddarm außergewöhnliche Functionen (wie z. B. bei Cobitis fossilis die Athmung[69]), bei den Columbiden die Secretion einer zur Ernährung der Jungen dienenden käſeartigen Materie[70])) verſieht, ſind an

einzelnen Wirbellofen noch viel vortrefflicher als an Wirbelthieren zu exemplificiren. Ich erinnere in diefer Beziehung nur an die Schwefelfäure bildenden Drüfen am Vorderdarme von Dolium und Cassidaria[71]) an die verfchiedenartigen Producte, welche der Enddarm der Infecten liefert, an die refpirirende Thätigkeit des Syllidendarmes[72]), — und ich glaube überhaupt auf keinen Widerfpruch zu ftoßen, wenn ich behaupte, daß die intereffanteften Probleme der vergleichenden Phyfiologie der Verdauung an niederen Thieren aufgedeckt wurden, und die biologifch wichtigften Fragen nur an diefen der Löfung entgegenzuführen find.

Verfuche über Verdauung an höheren Thieren.

Müffen wir nun, um die Fundamente, welche für den Aufbau einer vergleichenden Phyfiologie der Verdauung gefchaffen find, möglichft erfchöpfend zu behandeln, noch auf Beobachtungen an höheren Thieren recurriren, fo find wir dazu nur deshalb gezwungen, weil diesbezügliche Unterfuchungen an Wirbellofen bislang nicht angeftellt wurden, nicht etwa weil fie an diefen nicht ausgeführt werden könnten.

Ernährung u. Enzymbildung beim Fötus.

Die fötale Ernährung jedes viviparen Wirbelthieres verläuft vollkommen analog der eines exquifiten Schmarotzers. Nur aus dem mütterlichen Blute (und nicht aus dem Fruchtwaffer) befriedigt die Frucht gleichzeitig ihr Athmungs- und Nährbedürfniß. Trotz alledem beginnen die Magendrüfen der lebendig gebärenden Selachier[73]), die Speichel-, Pankreas- und Magendrüfen bei einigen Säugethieren[74]) fchon in einer fehr frühen Embryonalperiode zu functioniren, — zu einer Zeit, wo die gebildeten Enzyme wochenlang wirkungslos bleiben müffen. Wir treffen hier alfo genau diefelben Verhältniffe an, welche wir bei den Protiften und Cölenteraten eingehender befprochen haben.

Heidenhain's u. *Kühne*'s Unterfuchungen.

Von den Gefichtspuncten, welche bei der Erforfchung der Verdauungsvorgänge bei Vertebraten maßgebend waren, ift wohl keiner von fo hoher Bedeutung für diefen Abfchnitt der vergleichenden Phyfiologie als derjenige, welcher feit *Heidenhain*'s Arbeiten

für die Hiſtologie der Verdauungsdrüſen der allgemein leitende geworden iſt. Ich denke an die von *Heidenhain*[75]) und ſeinen Schülern an Eiweiß-, Schleim- und Magendrüſen aufgedeckten, von *Kühne* und *Lea*[76]) zuerſt am lebenden Gewebe des Pankreas näher ermittelten Veränderungen des hiſtologiſchen Verhaltens dieſer Drüſen während ihrer Thätigkeit. Und in gleichem Maße, wie lebhaft zu wünſchen iſt, daß unterſucht werde, ob ſich auch bei Wirbelloſen eine anhaltende Thätigkeit durch mikroskopiſch nachweisbare Umwandlungen der ſecernirenden Zellen verräth, ob auch in den Speichel- und Leberzellen der Evertebraten zu gewiſſen Zeiten Secretionsmaterial zum Zwecke des Verbrauches während der Thätigkeit angehäuft wird, — ſo muß es, ſage ich, in gleichem Maße wünſchenswerth erſcheinen, daß die beſonders von *Kühne* mit ſo großem Erfolge angebahnten Unterſuchungen über die Spaltungsproducte bei der Eiweißverdauung[77]), über die Abſcheidung und Reingewinnung der Enzyme[78]) auch auf die Secretionsproducte der Wirbelloſen Ausdehnung finden. Abgeſehen von einigen bei der Verdauung durch Evertebratenenzyme aus Fibrin entſtehenden gut charakteriſirten Spaltungsproducten iſt in dieſer Art bei Wirbelloſen noch nichts bekannt geworden. Die Leber der Krebſe und Mollusken würde ſich für hiſtologiſche Unterſuchungen in der bezeichneten Richtung ganz vorzüglich eignen; «ob in dieſem vielſeitigen Organe», ſo ſchrieb ich[79]) vor 5 Jahren, und der Stand der Dinge iſt ſeitdem ziemlich derſelbe geblieben, «alles (die verſchiedenen Enzyme, das Fett, der Zucker, das Glykogen, die ſog. Gallenfarbſtoffe) durch Colliquation aus Einer Zelle hervorgehen kann, ob Transſudation und zur Becherzellenbildung führende Quellung der Zellen periodiſch abwechſeln oder ob Arbeitstheilung unter den Leberzellen herrſcht, muß zur Zeit als eine offene Frage angeſehen werden. Der kleine und große periodiſche Wechſel der Enzymproduction, die Verſchiedenheiten unter den Leberſecreten

bei nahe verwandten Thieren werden ſichere Ausgangspuncte zur Löſung dieſer Fragen bieten».

Schlußbetrachtungen.

Ein Rückblick auf das Vorgetragene lehrt uns, daß in der lebenden Welt die Umwandlung der feſten in flüſſige Nahrung auf zweifache Weiſe geſchehen kann: erſtens durch die lebende Subſtanz als ſolche und zweitens durch enzymatiſch wirkende Secrete. Von dieſen beiden Verdauungsmodi kann der eine an Stelle des anderen treten; ohne eine directe oder indirecte Verdauung iſt aber der Fortbeſtand des Lebens undenkbar. Für die Möglichkeit, daß die vitale (protoplasmatiſche oder cellulare) Verdauung die ſecretive erſetzt, ſind uns im Vorhergehenden zahlreiche Beiſpiele bekannt geworden, für die thatſächliche Exiſtenz des umgekehrten Falles, der in mehrfacher Weiſe (ohne oder durch Vermittlung eines anderen Lebeweſens) perfectionirt gedacht werden könnte, iſt jedoch ein Beweis noch nicht geliefert. Die Verdauung iſt bei allen lebenden Weſen höchſt wahrſcheinlich in potentia qualitativ ein und dieſelbe. Aber nicht alle Weſen wußten ſich, wie wir ſahen, das Verdauungsvermögen in ſeiner ganzen Vielſeitigkeit zu bewahren, und andere verſtanden die Vortheile ihrer Befähigung, verdauende Enzyme zu bilden, gar nicht oder wenigſtens nicht annähernd auszunützen. Der Inſtinct beſtimmt, wie man zu ſagen pflegt, das eine Thier ein ausſchließlicher Pflanzenfreſſer, das andere ein ausſchließlicher Fleiſchfreſſer zu ſein, obgleich eine gemiſchte Koſt keinem von beiden ſchaden würde.

So zeigt denn kein anderer Abſchnitt der vergleichenden Phyſiologie ſo deutlich als der der Verdauung, wie in der Fülle der Mittel, über welche der lebende Organismus verfügt, die Verſchiedenheiten begründet liegen, welche ſich an verſchiedenartigen Formen offenbaren.

Anmerkungen und Literaturnachweis.

(Die fettgedruckten Zahlen, auf welche im Folgenden verwiefen wird, beziehen fich auf die den einzelnen Literaturangaben vorgefetzten Nummern in der Tabelle am Schluffe diefes Heftes.)

---

[1] Vergl. *Læw* in *Silliman's* Journ. 1868. Novemberheft.

[2] *Kolbe, H.* u. *Schmitt, Rud.*, Directe Umwandlung der Kohlenfäure in Ameifenfäure. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 119. 1861. S. 251—253.

[3] *Drechfel, E.*, Reduction der Kohlenfäure zu Oxalfäure. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 146. 1868. S. 140 u. 141.

[4] *Kühne, W.*, Ueber den Sehpurpur. Unterf. a. d. phyfiol. Inft. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. 1877. S. 54—68.

Ewald, A. u. *Kühne, W.*, Unterfuchungen über den Sehpurpur. Ibid. Bd. I. 1877. S. 185—218.

[5] *Moreau, Fr. A.*, Sur l'air de la vessie natatoire des poissons. Compt. rend. T. 57. 1863. p. 37—39 et p. 816—820.

—, Variation des proportions d'oxygène dans la vessie natatoire des poissons. Ibid. T. 58. 1864. p. 219.

—, Recherches physiologiques sur la vessie natatoire. Mémoire de phyfiologie. Paris. *(Maffon.)* 1877. p. 64—67 et p. 69—86.

[6] *Pfeffer, W.*, Pflanzenphyfiologie. Bd. I. Leipzig. 1881. S. 182 ff.

[7] *Bernard, Cl.*, Leçons sur les phénomènes de la vie etc. T. II. Paris. 1879. p. 241—389.

[8] Vergleiche hierzu die Vorträge von: *Harting, P.*, Das fchlummernde Leben. Skizzen aus der Natur. II. Leipzig. 1856. S. 69—106.

Bernard, Cl., L. c., T. I. 1878. p. 65 ff.

Preyer, W., Ueber die allgemeinen Lebensbedingungen. Naturwiffenfchaftliche Thatfachen u. Probleme. Berlin. 1880. S. 1—32 u. S. 281—301.

[9] *Wollafton*, Ann. of nat. hist. T. VI. 1850. p. 489.

[10] Vergl. *Semper, C.*, Die natürlichen Exiftenzbedingungen der Thiere. Th. I. Leipzig. 1880. S. 250.

11) *Mégnin,* Note sur la faculté qu'ont certains Acariens, avec ou sans bouche, de vivre sans nourriture pendant des phases entières de leur existence, et même pendant toute leur vie. Compt. rend. T. 83. 1876. p. 993—995.

12) Vgl. *Jourdain, S.,* Sur les stomatorhizes de la Sacculina Carcini *Thompson.* Compt. rend. T. 92. 1881. p. 1352—1354.

13) *de Lacaze-Duthiers, H.,* Histoire de la Laura Gerardiae, type nouveau de Crustacé parasite. Arch. de zool. exp. et gén. T. VIII. 1880. p. 537—581.

14) *de Lacaze-Duthiers, H.,* Recherches sur la Bonellie. Ann. d. scienc. nat. Zool. Sér. IV. T. X. 1858.

Kowalevsky, Schriften der naturf. Geſellſch. zu Kiew. Bd. V.

Vejdovský, Fr., Ueber die Eibildung und die Männchen von Bonellia viridis. Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 30. 1878. S. 487—500.

Selenka, E., Das Männchen der Bonellia. Zool. Anz. I. Jahrg. 1878. S. 120 u. 121.

Spengel, J. W., Beiträge zur Kenntniß der Gephyreen. I. Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. I. 1879. S. 357—419.

Greef, R., Arch. f. Naturg. 1877. S. 343 u. Die Echiuren. Nova acta d. k. Leop. Carol. Acad. Halle. 1879.

15) *Rindfleiſch,* Zur Hiſtologie der Ceſtoden. Arch. f. mikr. Anat. Bd. I. 1865. S. 142.

16) *Bernard, Cl.,* L. c. T. II. p. 116.

17) 5. p. 222.

18) *Foſter, M.,* Proc. of the r. Soc. Jan. 1866. u. Journ. of anat. and physiol. Vol. I. 1867. p. 162.

19) *Sommer, F.,* u. *Landois, L.,* Ueber den Bau der geſchlechtsreifen Glieder von Bothriocephalus latus. Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 22. 1872. S. 47.

Sommer, F., Ueber den Bau und die Entwicklung der Geſchlechtsorgane von Tænia mediocanellata und Tænia solium. Sep.-Abdr. a. d. Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 24. 1874.

20) *Kahane, Z.,* Anatomie von Tænia perfoliata, als Beitrag zur Kenntniß der Ceſtoden. Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 34. 1880. S. 175—254.

21) *Pinthner, Th.,* Unterſ. über den Bau des Bandwurmkörpers mit beſ. Berückſichtigung der Tetrabothrien u. Tetrarhynchen. Sep.-Abdr. a. d. Arbeiten d. zool. Inſt. zu Wien. T. III. Heft 2. 1880.

22) *Brandt, K.,* Ueber die Axenfäden der Heliozoën u. die Bewegungen von Actinosphærium. Sonderabdr. a. d. Sitzungsb. d. Geſ. naturf. Freunde in Berlin vom 15. Oct. 1878.

—, Unterſuchungen an Radiolarien. Monatsber. d. k. Acad. d. Wiſſ. zu Berlin. (21. April) 1881. S. 388—404.

23) *Gottlieb, J.,* Ueber eine neue, mit Stärkemehl iſomere Subſtanz. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 75. 1850. S. 51—61.

Schneider, A., Beiträge zur Naturg. der Infuſorien. Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1854. S. 191—207.

Auerbach, L., Ueber die Einzelligkeit der Amöben. Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. VII. 1856. S. 384.

Rouget, Des substances amyloïdes; de leur rôle dans la constitution des tissus des animaux. Journ. de la physiol. T. II. 1859. p. 315.

Bütſchli, O., Notiz über das Vorkommen einer dem Amyloïd verwandten Subſtanz in einigen niederen Thieren. Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1870. S. 362—365.

Certes, A., Sur la glycogénèse chez les Infusoires. Compt. rend. T. 90. 1880. p. 77—80.

[24] *Krukenberg*, Ueber ein peptiſches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten u. im Eidotter vom Huhne. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. 1878. S. 273—286.

[25] *Engelmann*, *Th. W.*, Protoplasma u. Flimmerbewegung. Handbuch der Phyſiologie von *L. Hermann*. Bd. I. Theil I. Leipzig. 1879. S. 349.

[26] *Brandt*, *K.*, Färbung lebender einzelliger Organismen. Biologiſches Centralblatt. I. Jahrg. 1881. S. 204.

[27] *Brandt*, *K.*, l. c. u. Verhandl. d. phyſiol. Geſellſch. zu Berlin. 1878. S. 35.

[28] *Certes*, A., Sur un procédé de coloration des Infusoires. Compt. rend. T. 92. 1881. p. 424—426 und Zool. Anzeiger. IV. Jahrg. 1881. S. 208—212.

—, Dosage de la solution de Cyanine pour la coloration des Infusoires. Ibid. S. 287—288.

[29] *Brandt*, *K.*, Ueber das Zuſammenleben von Thieren und Algen. Verhandl. d. phyſiol. Geſellſch. zu Berlin. 1881—82. S. 22—26 u. Biolog. Centralbl. I. Jahrg. 1881. S. 524—527.

[30] *Ray-Lankester*, *E.*, Abstract of a report on the spectroscopic examination of certain animal substances. Journ. of anat. Vol. IV. 1870. p. 126—129.

[31] *de Merejkowski*, *C.*, Sur la tétronérythrine dans le règne animal et sur son rôle physiologique. Compt. rend. T. 93. 1881. p. 1029—1032.

[32] *Krukenberg*, Vergleichend-phyſiologiſche Studien. I. Reihe. II. Abth. 1880. S. 39—73.

Mehrere Referenten (z. B. *E. Salkowski* im *Hirſch-Virchow*'ſchen Jahresberichte für 1879) und Compilatoren (cf. *Huſemann*, Pflanzenſtoffe. 2. Aufl. Bd. I. Berlin. 1882. S. 280) ſind dadurch, daß in meinen Arbeiten über die Verbreitung des Zoonerythrins (damals von mir Tetronerythrin genannt) einige Male ſtatt Spongien die Bezeichnung Schwämme gebraucht iſt, zu der irrigen Vorſtellung gelangt, die von mir unterſuchten Spongien (Suberites, Chondrosia etc. der Adria ſeien Pilze. Derartige Pilzformen, welche man gewöhnlich als Schwämme bezeichnet, finden ſich aber bekanntlich im Meere nicht, und ich brauche wohl kaum weiter auseinanderzuſetzen, daß die von mir unter-

ſuchten, genau ſpecificirten Schwämme (Spongien) veritabele Thiere und keine Pflanzen ſind.

[33]) *Miklucho-Maclay, N.,* Beitr. z. Kenntniß der Spongien. I. Jenaiſche Zeitſchr. f. Medicin u. Naturw. Bd. IV. 1868. S. 233.

[34]) *Metſchnikoff, E.,* Spongiologiſche Studien. Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 32. 1879. S. 371—375.

[35]) Vgl. meinen erſten Vortrag, S. 23.

[36]) **3**, S. 339—342 und **7**, S. 64—75.

[37]) Vgl. Vortrag I. Note 53.

[38]) *Müller, Fr.,* Die Magenfäden der Quallen. Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. IX. 1858. S. 542—543.

[39]) Vgl. *Lewes, G. H.,* Naturſtudien am Seeſtrande. Ueberſetzt von *J. Freſe.* Berlin. 1859. S. 198 ff.

[40]) Aus dieſem Grunde halte ich es trotz neuerer, *Trembley*'s Verſuchsreſultaten widerſprechender Angaben (cf. *Engelmann, Th. W.,* Ueber *Trembley*'s Umkehrungsverſuch an Hydra. Zool. Anzeiger. I. Jahrg. 1878. S. 77—78 u. *Jentink, F. A.,* Tidſchr. nederl. dierk. Vereen. 1879. IV. D. 2. Afl. Versl. S. LI—LIII) für mehr als wahrſcheinlich, daß Hydren, welche derart umgeſtülpt wurden, daß die Entodermis nach außen, das Ectoderm dagegen nach innen ſieht, in dem von der Ectodermis umgebenen Behälter ihre Koſt ebenſo gut verdauen als normal, wo das Entoderm den Sack innen auskleidet. Ein theoretiſches Bedenken, welches *Trembley*'s Ergebniſſe unwahrſcheinlich macht, liegt jedenfalls nicht vor, und daß Hydren das Experiment des Umſtülpens oft ſogar an ſich ſelbſt vornehmen, wird wer ſich Hydren hält leicht beobachten können.

[41]) Vgl. *Krukenberg,* Zur Kritik der Schriften über eine ſog. intracellulare Verdauung bei Cölenteraten. Vergl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1882. S. 139—142.

[42]) *Hamann, O.,* Die Mundarme der Rhizoſtomen u. ihre Anhangsorgane. Jenaiſche Zeitſchr. f. Medicin u. Naturwiſſ. Bd. XV. 1881. S. 243—285.

[43]) **51**, p. 69—70.

[44]) Vgl. *Metſchnikoff, E.,* Ueber die Verdauungsorgane einiger Süßwaſſerturbellarien. Zoolog. Anzeiger. I. Jahrg. 1878. S. 387—390.

[45]) **3**, S. 360—361 u. **8**, S. 62—63.

[46]) **52**, S. 37—46.

[47]) Specielleres hierüber findet ſich **2**, **3**, **6**, **10** u. **32**.

[48]) **9**, S. 396.

[49]) **40**, p. XLIX.

[50]) **2**, S. 36.

[51]) **26**.

[52]) *Darwin, Ch.,* Die Bildung der Ackererde durch die Thätigkeit der Würmer. In Ueberſetzung von *J. V. Carus.* Stuttgart. 1882. S. 28.

Vergleiche dazu meine weit älteren Angaben (**2**, S. 37) über die Reaction des Darminhaltes bei Lumbricus, welche *Darwin*, ohne daß er ſie kannte, nur zu beſtätigen vermochte.

[53]) Vgl. Vortrag I, S. 23.

[54]) Vgl. **2**, S. 6 Anm. 1.

[55]) *Cf. Grube, Ed.*, Fehlt den Weſpen- und Horniſſenlarven ein After oder nicht? Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1849. S. 47—74.

Ich will zu dem im Texte Geſagten noch bemerken, daß einige Entomologen z. B. *Hermann Müller* (vgl. die Zeitſchrift «Humboldt» 1882. Nr. 1) von der angeblichen Afterloſigkeit der Bienenlarven nicht überzeugt zu ſein ſcheinen, und daß der genannte Forſcher, nachdem er ſchon vor 12 Jahren Excremente von Megachile-Larven beobachtet, neuerdings die Anweſenheit und Thätigkeit eines Afters bei den Larven von Dasipoda hirtipes nachgewieſen hat.

[56]) *Cf. Gartenauer, H. M.*, Ueber den Darmcanal einiger einheimiſchen Gaſteropoden. Jena. 1875. S. 11—15 u. Fig. 3.

[57]) **2**, S. 5.

[58]) **2**, S. 28—32.

[59]) **32**, S. 414—416.

[60]) *Hazay, J.*, Die Molluskenfauna von Budapeſt. III. Biologiſcher Theil. Malakozoïſche Blätter von *L. Pfeiffer*. N. F. Bd. IV. 1881. S. 196—203.

[61]) **3**, S. 350—352.

[62]) **3**, S. 352—356.

[63]) **3**, S. 357.

[64]) *Stælter, G. F.*, Ueber die Nahrung des mediciniſchen Blutegel. Vierteljahrsſchrift f. pract. Pharmacie von *Wittſtein*. Bd. VI. S. 528—532.

[65]) *Krukenberg*, Sind die nicht drüſigen Theile der ſog. Radialanhänge des Afteridendarmes Hepatoïnteſtinalcänale oder reine Leberausführungsgänge? Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. 1882. S. 181—182.

[66]) **40**, p. 149—150.

[67]) **1**, **2**, S. 41 ff. und **49**.

[68]) *Claus, C.*, Der Organismus der Phronimiden. Arb. des zoolog. Inſt. der Univ. zu Wien. T. II. Heft 1. 1879.

[69]) Vgl. *Baumert, M.*, Chemiſche Unterſuchungen über die Reſpiration des Schlammpeizgers (Cobitis fossilis). Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 88. 1853. S. 1—56.

[70]) Vgl. *Haffe, C.*, Ueber den Oeſophagus der Tauben etc. Zeitſchr. f. rationelle Medicin. III. Reihe. Bd. 23. 1865. S. 101—132.

[71]) Die vollſtändige Literatur über die Schwefelſäure haltigen Secrete der Vorderdarmdrüſen von Gaſtropoden findet ſich zuſammengeſtellt in meinen «Vergl.-phyſiol. Studien». I. Reihe. V. Abth. 1881. S. 66. Anm. 1.

[72]) *Cf. Eilig, H.*, Ueber das Vorkommen eines ſchwimmblaſenähnlichen

Organs bei Anneliden. Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. II. Heft 3, 1881. S. 255—304.

[73]) **49**, S. 396 u. 397.

[74]) *Langendorff, Oſc.*, Ueber die Entſtehung der Verdauungsfermente beim Embryo. Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1879. Phyſiol. Abth. S. 95—112.

[75]) Vgl. *Heidenhain, R.*, Phyſiologie der Abſonderungsvorgänge. Handbuch der Phyſiologie von *L. Hermann*. Bd. V. Th. I. 1880.

[76]) *Kühne, W.* u. *Lea, A. Sh.*, Ueber die Abſonderung des Pankreas. Sonderabdr. a. d. Verhandl. d. naturhiſt.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. I. Heft 5. 1876.

[77]) *Kühne, W.*, Ueber das Secret des Pankreas. Ibid. Bd. I. Heft 4. 1876.

[78]) *Kühne, W.*, Ueber das Trypſin (Enzym des Pankreas). Ibid. Bd. I Heft 3. 1876.

[79]) **2**, S. 22 u. 23.

Zuſammenſtellung der Literaturangaben

über die ſecretive Verdauung bei Wirbelloſen und bei Fiſchen.

(Chronologiſch geordnet.)

Von Vertretern mehrerer Typen handeln:

1. *Krukenberg,* Verſuche zur vergl. Phyſiologie der Verdauung mit beſonderer Berückſichtigung der Verhältniſſe bei den Fiſchen. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. 1877. S. 327—340. (Insecten, Krebſe, Würmer, Mollusken u. viele Fiſchſpecies.)
2. —, Vergleichend-phyſiol. Beiträge zur Kenntniß der Verdauungsvorgänge. Ibid. Bd. II. 1878. S. 1—45. (Insecten, Krebſe, Würmer, Mollusken, Fiſche.)
3. —, Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefäßen der Evertebraten. Ibid. Bd. II. 1878. S. 338—365. (Zahlreiche Repräſentanten aller Typen.)
4. —, Nachtrag zu den Unterſuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten u. Echinodermen. Ibid. Bd. II. 1878. S. 366—377.
5. *Fredericq, L.* Sur la digestion des albuminoïdes chez quelques invertébrés. Bull. de l'acad. r. de Belgique II. Sér. T. 46. 1878. p. 213—228 u. Archives de zool. expér. et gén. T. VII. 1878. p. 391—400. (Lumbricus terrestris, Nereïs pelagica, Haemopis vorax; Arion rufus, Mya arenaria, Mytilus edulis; Asteracanthion rubens.)
6. *Krukenberg,* Notizen zur Literatur über die vergl. Phyſiologie der Nutritionsproceſſe. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. (Verſendet 1878.) S. 418—423. (Kritik der Arbeiten von *Fredericq* und *Luchhau.*)

7. *Krukenberg*, Weitere Studien über die Verdauungsvorgänge bei Wirbellofen. Vgl.-phyfiol. Studien. I. Reihe. I. Abth. 1879. S. 57—76.
8. —, Nachträge zu meinen vergleichend-phyfiologifchen Unterfuchungen über die Verdauungsvorgänge. Vgl.-phyfiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. 1881. S. 58—71.

Arthropoden.

a) Cruftaceen.

9. *Hoppe-Seyler, F.*, Ueber Unterfchiede im chemifchen Bau und der Verdauung höherer u. niederer Thiere. Arch. f. d. gef. Phyfiologie. Bd. XIV. 1876. S. 397—398 u. Phyfiologifche Chemie. II. Theil. Berlin. 1878. S. 176.
10. *Krukenberg*, Zur Verdauung bei den Krebfen. Unterf. a. d. phyfiol. Inft. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. 1878. S. 261—289.
11. *Weber, M.*, Ueber den Bau u. die Thätigkeit der fog. Leber der Cruftaceen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 17. 1880. S. 385—457.

b) Arachnoiden.

12. *Blanchard, E.*, L'organisation du règne animal. Classe des Arachnides. Paris. 1852—1855. p. 60—70. (Scorpio occitanus.)
13. *Plateau, F.*, Note sur les phénomènes de la digestion et sur la structure de l'appareil digestif chez les Phalangides. Extrait des Bullet. de l'acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 42. 1876.
14. —, Recherches sur la structure de l'appareil digestif et sur les phénomènes de la digestion chez les Aranéïdes dipneumones. Ibid. 2. Sér. T. 44. 1877.
15. *Bertkau, Ph.*, Ueber den Bau und die Function der fog. Leber bei den Spinnen. Zool. Anzeiger. IV. Jahrg. 1881. S. 543—544.

c) Myriopoden.

16. *Plateau, F.*, Recherches sur les phénomènes de la digestion et sur la structure de l'appareil digestif chez les Myriapodes de Belgique. Extr. des Bullet. de l'acad, r. de Belgique. 2. Sér. T. 42. 1876.

d) Infecten.

17. *Rengger, J. R.*, Phyfiologifche Unterfuchungen über die thierifche Haushaltung der Infecten. Tübingen. 1817. S. 7 ff.
18. *Bouchardat*, De la digestion chez le ver à soie. Mémoire d'observations sur les maladies de cet insecte. Compt. rend. T. 31. 1850. p. 379—381 u. Rev. et Mag. de zoologie. 1851. p. 34—40.

19. *Balch, S.,* Unterſuchungen über das chylopoetiſche u. uropoetiſche Syſtem der Blatta orientalis. Sitzungsb. d. k. Ak. d. Wiſſ. in Wien. Math.-naturw. Claſſe. Bd. 23. 1858. S. 234—260.

20. *Plateau, F.,* Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les insectes. Bruxelles 1874.

21. *Jousset de Bellesme,* Recherches expérimentales sur la digestion des insectes. Paris. 1875.

22. —, Recherches sur les fonctions des glandes de l'appareil digestif des insectes. Compt. rend. T. 82. 1876. p. 97—99.

23. *Plateau, F.,* Sur la digestion chez les insectes; remarques à propos d'un travail recent de Mr. *Jousset.* Ibid. p. 340—342.

24. *Jousset de Bellesme,* Réponse à la réclamation de Mr. *F. Plateau,* au sujet de la digestion des insectes. Ibid. p. 461—463.

25. *Plateau, F.,* Note sur les phénomènes de la digestion chez la Blatte americaine (Periplaneta americana *L.*). Extr. d. Bull. de l'acad r. de Belgique. II. Sér. T. 41. 1876.

26. —, Note additionelle au mémoire sur les phén. de la digestion chez les insectes. Ibid. T. 44. 1877.

27. *Jousset de Bellesme,* Travaux originaux de physiologie comparée. Vol. I. Insectes. Paris. 1878.

28. *Erlenmeyer, E.,* u. *v. Planta-Reichenau, A.,* Chemiſche Studien über die Thätigkeit der Bienen. *Eichſtædter* Bienenzeitung. Bd. 34. 1878. S. 181—183. u. Bd. 35. 1879. S. 155—158.

Mollusken.

29. *Bernard, Cl.,* Recherches sur une nouvelle fonction du foie. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. III. Sér. T. 19. 1853. p. 331—335. (Loligo, Limax, Ostrea u. Anodonta.)

30. —, Mémoire sur le pancréas. Supplément aux Compt. rend. T. I. 1856. p. 545.

31. —, Leçons de physiologie expérimentale. 1856. T. I. p. 101. u. T. II. p. 487—493.

32. *Krukenberg,* Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gaſtropoden u. Lamellibranchiaten. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. (Verſendet 1878.) S. 402—417.

a) Gaſtropoden.

33. *Barfurth, D.,* Die Leber der Gaſtropoden, ein Hepatopankreas. Zoolog. Anzeiger. III. Jahrg. 1880. S. 499—502.

b) Cephalopoden.

34. *Bert, P.*, Mémoire sur la physiologie de la Seiche. Extr. des Mém. de la soc. des scienc. phys. et nat. de Bordeaux. T. V. 1857. p. 115. u. Compt. rend. T. 65. 1867. p. 300—303.

35. *Fredericq, L.*, Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe. Bull. de l'acad. r. de Belgique. II. Sér. T. 46. 1878. p. 761—762. u. Archives de zool. expér. T. VII. 1878. p. 578—581.

36. *Jousset de Bellesme*, Recherches sur le foie des Mollusques céphalopodes. Compt. rend. T. 88. 1879. p. 304—306.

37. —, Recherches sur la digestion chez les Mollusques céphalopodes. Ibid. p. 428—429.

38. *Vigelius, W. J.*, Ueber das fog. Pankreas der Cephalopoden. Zoolog. Anzeiger. IV. Jahrg. 1881. S. 431—433.

39. *Bourquelot, E.*, Recherches relatives à l'action des sucs digestifs des Céphalopodes sur les matières amylacées. Compt rend. T. 93. 1881. p. 978—980 (Widerlegung der Ideen von *Jousset de Bellesme*, Beſtätigung u. Erweiterung meiner Verſuche).

Anhang.

Fiſche[1]).

40. *Spallanzani, L.*, Expériences sur la digestion de l'homme et de différentes espèces d'animaux. Avec des considérations par *J. Senebier*. Nouvelle édition. Genève. 1784. p. 146—154.

41. *Tiedemann, F.*, u. *Gmelin, L.*, Die Verdauung nach Verſuchen. II. Bd. 2. Aufl. Heidelberg u. Leipzig. 1831. S. 270—271 (Außer neuen Ergebniſſen zugleich eine Zuſammenſtellung vereinzelter Angaben aus älteren Schriften enthaltend).

[1]) Außer dieſen Abhandlungen phyſiologiſchen Inhaltes vergl. auch folgende, zum größten Theile wenig bekannt gewordenen anatomiſche Arbeiten:

Weber, E. H., Ueber die Leber von Cyprinus carpio, die zugleich die Stelle des Pankreas zu vertreten ſcheint. Arch. f. Anat. u. Phyſiologie. Jahrg. 1827. S. 294—299.

Waatewijn, H. W., Bijdrage tot de Histologie van den Vischdarm. Acad. Præſschrift. Leiden. 1872.

Legouis, P., Recherches sur les tubes de *Weber* et sur le pancréas des poissons osseux. Ann. d. scienc. nat. Zoologie. V. Sér. T. XVII. u. XVIII. 1873.

Edinger, L., Ueber die Schleimhaut des Fiſchdarmes etc. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII. 1876. S. 651—692.

Garel, J., Recherches sur l'anat. gén. comp. et la signification morphologique des glandes de la muqueuse intestinale et gastrique des animaux vertébrés. Paris. 1879.

Langley, J. N., u. *Sewall, H.*, On the Changes in Pepsin-forming Glands during Secretion. Journ. of Physiology. Vol. II. 1879—1880. p. 290—291.

42. *Fick* u. *Murifier,* Ueber das Magenferment kaltblütiger Thiere. Verhandl. d. Würzburger phyſ.-med. Geſellſch. N. F. Bd. IV. 1873. S. 120 ff.

43. *Rabuteau* et *Papillon,* Observations sur quelques liquides de l'organisme des poissons etc. Compt. rend. T. 77. 1873. p. 136.

44. *Hoppe-Seyler, F.,* Arch. f. d. geſ. Phyſiologie. Bd. XIV. 1876. S. 395—396 u. Phyſiologiſche Chemie. II. Theil. Berlin. 1878. S. 218—219, 230 u. 257.

45. *Luchhau, E.,* Vorläufige Mittheilung über die Magenverdauung einiger Fiſche. Centralbl. f. d. medic. Wiſſ. 1877. S. 497—498.

46. *Homburger, L.,* Zur Verdauung der Fiſche. Ibid. S. 561—562.

47. *Richet, Ch.,* Des propriétés chimiques et physiologiques du suc gastrique chez l'homme et les animaux. Paris. 1878. p. 12—16 et p. 69—79.

48. *Luchhau, E.,* Ueber die Magen- u. Darmverdauung bei einigen Fiſchen. Inaug.-Diſſertation. Königsberg. 1878.

49. *Krukenberg,* Zur Verdauung bei den Fiſchen. Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. (Verſandt 1878) S. 385—401.

50. *Bernard, Cl.,* Leçons sur les phén. de la vie. T. II. 1879. p. 350.

51. *Richet, Ch.,* et *Mourrut,* De quelques faits relatifs à la digestion gastrique des poissons. Compt. rend. T. 90. 1880. p. 879—881.

52. *Krukenberg,* Phyſiol.-chem. Unterſuchungen an Luvarus imperialis. (Die enzymat. Eigenſchaften der Secrete der Drüſen am Digeſtionstractus.) Vergl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. IV. Abth. 1881. S. 37—46 (Enthält zugleich eine eingehendere Erörterung der unrichtigen Vorſtellungen über die Wirkung des Fiſchmagenſaftes bei verſchiedenen Temperaturen).

III.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

FARBSTOFFE UND DER FARBEN.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Grundzüge einer vergleichenden Phyſiologie der Farbſtoffe und der Farben.

Die Phyſiologie der thieriſchen und pflanzlichen Farbſtoffe hat in der jüngſten Zeit inſofern eine gewiſſe Abrundung erfahren, als es gelungen iſt, ſowohl die Zahl der einzelnen Farbſtoffgruppen dadurch zu vermindern, daß man einen Zuſammenhang zwiſchen mehreren derſelben erkannte, als auch die Identität reſp. die Zuſammengehörigkeit von Pigmenten bei weit von einander abſtehenden Formen nachzuweiſen.

Vor vier Jahren ſtieß ich bei meinen Spongienunterſuchungen auf einen rothen Farbſtoff, welcher ſich mit dem von *Wurm* aus den ſog. Roſen der Auerhähne extrahirten und von ihm Tetronerythrin genannten Pigmente in ſeinen chemiſchen und phyſikaliſchen Eigenſchaften als identiſch erwies[1]). Dieſem Befunde, der ſeiner Zeit ſehr überraſchen mußte, wurde jedoch bald ſeine Abſonderlichkeit genommen, indem ich weiterhin zeigte, daß das sog. Tetronerythrin einer Claſſe von Farbſtoffen angehört, welche bei den verſchiedenartigſten Thier- wie Pflanzenſpecies ihre Vertreter findet. Das Tetronerythrin (Zoonerythrin *Bogdanow*'s) war, wie mehrere gleichfalls ſchon länger bekannte Pigmente (Carotin, Saffranfarbſtoffe, Luteïn etc.), hiermit als Glied einer weit verbreiteten Farbſtoffclaſſe erkannt, welche man jetzt als Lipochrome (Fettfarbſtoffe) bezeichnet, und man darf behaupten, daß gerade das Studium

der Lipochrome, die Abgrenzung dieſer Farbſtoffgruppe und die Kenntniß ihrer Verbreitung uns über viele vermeintliche Complicationen bei der Pigmentirung der Thiere wie der Pflanzen hinweggeholfen hat. Die Lipochrome ſind die Wegweiſer geworden, mittelſt deren es möglich war, ſich in dem zuvor wilden Chaos der thieriſchen wie pflanzlichen Pigmentirungen zurechtzufinden, das Gleichartige auszuleſen und von dem äußerlich Aehnlichen, aber ſeiner chemiſchen Beſchaffenheit nach ganz Differenten zu unterſcheiden. Die Lipochrome müſſen deshalb bei einer vergleichenden Chromatologie der lebenden Weſen vor allem in's Auge gefaßt werden, und es bedarf keiner weiteren Rechtfertigung, wenn wir unſere Betrachtungen mit denſelben beginnen laſſen[2]).

Die Lipochrome.

Durch ihre Löslichkeitsverhältniſſe, ihre Unzerſtörbarkeit bei der Verſeifung mit ſiedender Natronlauge in wäſſriger wie alkoholiſcher Löſung, durch die Blaufärbung, welche ſie im trockenen Zuſtande durch conc. Schwefelſäure oder ſtarke Salpeterſäure erfahren, durch ihre Lichtempfindlichkeit, durch die Gleichartigkeit ihrer Bleichproducte (Choleſtearin oder choleſtearinartige Körper), durch ihre chemiſche Zuſammenſetzung (nur aus Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff beſtehend), und endlich durch ihre Färbungen (grüngelb, gelb, orange, roth) ſind die Lipochrome im Allgemeinen charakteriſirt. Eine ſcharfe Abgrenzung derſelben iſt zwar unmöglich, weil ſie einerſeits in die ſpectroſkopiſch ſchlecht gekennzeichneten und in den lipochromatiſchen Löſungsmitteln ſchwer oder faſt unlöslichen Lipochromoïde reſp. Melanoïde übergehen und weil andererſeits *Kühne*[3]) nachgewieſen hat, daß ein echtes Lipochrom, das Rhodophan nämlich, nach beſſerer Reinigung keine Blaufärbung durch ſalpetrige Säure mehr annimmt. Fernerhin verdient bei einer allgemeinen Charakteriſtik der Lipochrome die Thatſache nicht außer Acht gelaſſen zu werden, daß ſich ein Theil derſelben auch beim Benetzen mit Jod-Jodkaliumlöſung blaugrün färbt, ein anderer Theil dagegen nicht oder nur mangelhaft[4]),

und daß das ſpectroſkopiſche Verhalten der einzelnen Lipochrome in manchen Fällen erheblich von einander abweicht, indem die Löſungen der Xanthophane und Rhodophane durch ein, die der Chlorophane durch zwei oder drei Abſorptionsbänder ausgezeichnet ſind. Die Abſorptionsbänder ein und desſelben Lipochromes lagern im Spectrum verſchieden, je nach dem angewandten Löſungsmittel. In alkoholiſcher oder ätheriſcher Löſung liegen ſie am meiſten dem violetten Ende des Spectrums genähert, in Schwefelkohlenſtoff ſind ſie am meiſten nach dem Roth zu verſchoben und in Chloroform oder fetten Oelen gelöſt, hält die Lage der Streifen zwiſchen beiden Extremen die Mitte ein. Aus *Kundt*'s Unterſuchungen[5]) über die Verſchiebung, welche die Mitte des dem rothen Ende des Spectrums zunächſt liegenden Abſorptionsſtreifens vom Chlorophyll und welche der Abſorptionsſtreifen des Cyanins bei Anwendung verſchiedener Löſungsmittel erfährt, wird zu folgern ſein, daß die entſprechende Lageveränderung der Lipochrombänder nicht, wie *Kraus* für das Chlorophyll annahm[6]), mit dem ſpecifiſchen Gewichte des Löſungsmittels durchgängig im Einklang ſteht, ſondern durch die brechende Kraft des Löſungsmittels derart veranlaßt wird, daß, je größer die Diſperſion desſelben für den blauen Theil des Spectrums iſt, um ſo weiter die Abſorptionsſtreifen nach der brechbareren Seite des Spectrums fortſchreiten.

Die Tinctionskraft der Lipochrome iſt eine außerordentlich intenſive, die Umſetzung in choleſtearinartige Stoffe[7]), welche ſie unter Sauerſtoffaufnahme am Lichte (aber auch, wenn ſchon weit langſamer, im Dunkeln) erfahren, eine verhältnißmäßig rapide, ſo daß ſelbſt aus äußerlich ſtark gefärbten Geweben davon meiſt nur ſehr ſchwierig größere Quantitäten rein zu erhalten ſind. Deshalb blieb man zur Feſtſtellung der chemiſchen Zuſammenſetzung der Lipochrome bislang allein auf das Carotin angewieſen, welches als der am beſten bekannte Repräſentant dieſer Farbſtoffclaſſe zu gelten hat.

Das Carotin ($C_{18}H_{24}O$) ift der Farbftoff der cultivirten Mohrrübe (Daucus Carota *L.*). Seine braunrothen Bandkryftalle von rhombifcher Wetzfteinform fchmelzen bei 168° *C.*, und es zeigt unmittelbare Beziehung zum Hydrocarotin ($C_{18}H_{30}O$), welches fich neben ihm in der Mohrrübe findet und dem Choleftearin nahe fteht.

Solange wie die chemifche Zufammenfetzung allein vom Carotin bekannt ift, ficher kryftallifirt außerdem nur noch das Luteïn, Eläochrin, Lecitochrin und das Chlorophyllgelb gewonnen wurden[8]), find es vorwiegend optifche Differenzen, welche zu Unterfcheidungen in der Lipochromreihe nöthigen. «Diefe Unterfcheidung ift aber eine zwingende, denn man hat jetzt im Carotin, Luteïn und Eläochrin rein und kryftallinifch zu gewinnende Körper, welche in diefem Zuftande fchon ohne Weiteres verfchieden erfcheinen durch die Farbe, vollends bei genauerer Unterfuchung der Kryftalle unter Beachtung des Dichroïsmus und der Abforption. Wie die Spectren der Fettpigmente vom Carotin bis zum Chlorophan in gleichen Löfungsmitteln eine merkwürdige Reihe zur brechbareren Seite fortfchreitender Abforptionsftreifen darbieten, deren Verfchiebung vielleicht in derfelben Weife durch die chemifche Zufammenfetzung der einzelnen Glieder bedingt wird, wie dies für die Linienfpectren der Didymverbindungen nach *Bunsen*'s bekannten Arbeiten[9]) gilt, fo bilden die am reinften dargeftellten Pigmente auch eine Reihe bezüglich der direct wahrnehmbaren, dem Gelb zugehenden Farbe und eine Reihe in Hinficht auf die Verwifchung des Dichroïsmus.»[10])

Was die Herkunft der Lipochrome anbelangt, fo ift es wahrfcheinlich, daß diefelben in den meiften Fällen aus fettartigen Subftanzen hervorgehen, denn häufig, wenn auch wohl nicht ausnahmslos, find fie in ihrem Vorkommen an Fett gebunden und laffen fich auch leicht in choleftearinartige Körper überführen. So wird ebenfalls ihr Vorkommen in den grünen Gewächfen zu erklären fein, welches bekanntlich ein fo conftantes ift, daß bis zu den verdienftvollen Arbeiten von *Hanfen* trotz der unzählbaren

Abhandlungen über dieſen Gegenſtand der grüne und der gelbe Chlorophyllfarbſtoff als eine einheitliche Subſtanz angeſehen werden konnte. Aber zweifellos entſtehen die Lipochrome auch noch auf andere Weiſe, aus Lipochromogenen oder aus Pigmenten, welche keine directe Verwandtſchaft zu den Lipochromen erkennen laſſen; ſo aus dem Cyanokryſtallin[11]), dem kryſtalliſirten blauen, unter dem Panzer bei vielen Cruſtaceen abgelagerten Farbſtoffe, der ſich durch die geringfügigſten Eingriffe in ein Lipochrom umſetzt.

Die Verbreitungsweiſe der Lipochrome iſt von großem Intereſſe. Sämmtliche bislang unterſuchten gelben Blüthenblätter, gelbe und rothe lymphatiſche Flüſſigkeiten und zahlreiche Secrete bei Wirbelthieren wie Wirbelloſen, die bunten Oelkugeln in den Zapfen der Wirbelthierretina, die Corpora lutea, die Eierdotter der verſchiedenſten Thierſpecies, die gelben, grünen, orangenen oder rothen Hauttheile der Arthropoden und Vertebraten (von den Fiſchen bis zu den Vögeln) verdanken ihre Färbungen mit äußerſt geringen Ausnahmen gelöſten, körnig oder diffus abgelagerten Lipochromen; dagegen betheiligen ſich die Lipochrome nie in erſichtlichem Maße an den Färbungen der Epithelialgebilde bei den Säugethieren, an den Färbungen der Vogeleierſchalen und ſcheinen auch vielen protoplasmatiſchen reſp. unicellulären Weſen zu fehlen. Auffallend ſind die conſtanten Unterſchiede, welche verſchiedene Species in der Intenſität der lipochromatiſchen Färbung gewiſſer Gewebe, beſonders des Fettgewebes[12]), aufweiſen, und ſehr überraſchend iſt die Thatſache, daß Lipochrome bei Schlangen nur ſpurenweiſe auftreten, während die verſchiedenartigſten Organe der Vögel, Amphibien, Fiſche und auch vieler Reptilien mit lipochromreichen Löſungen getränkt ſind. Einer eingehenderen Unterſuchung würde es ſich gewiß weiterhin lohnen, welche von den zahlreichen, mit eigenen Namen belegten gelben, orangenen, rothen und braunen Farbſtoffen pflanzlicher Gebilde (z. B. Bixin, Polychroït, Safflorgelb, Carthamin, Luteolin, Draconin) den Lipochromen zugerechnet

werden müſſen und welche nicht; beſonders wünſchenswerth dürfte es aber ſein, in Erfahrung zu bringen, ob ſcharfe chemiſche Unterſchiede zwiſchen den ſpectroſkopiſch ſo unterſchiedlichen Chlorophanen, Xanthophanen und Rhodophanen beſtehen, ob ſich vielleicht nicht die eine von der anderen Gruppe als Homologes oder als Anhydridverbindung ableiten läßt.

Lipochromoïde und Melanoïde. Melanine.

Die Lipochromoïde und Melanoïde, welche, wie ich zeigte[13]), vorzugsweiſe die Stämme von Gorgoniden, die Gehäuſe von Mollusken gelb, roth, braun, violett oder ſchwärzlich färben, führen unmittelbar zu den dunkelen Pigmenten, welche ſeit lange als Melanine[14]) zuſammengefaßt werden. Es ſteht außer Frage, daß unter dieſem Geſammtbegriff ſehr verſchiedene, gegen Reagentien widerſtandsfähige braune, in dickerer Schicht ſchwarz erſcheinende Pigmente vereinigt wurden, von denen einige (z. B. die ſchwarzen Farbſtoffe melanotiſcher Geſchwülſte, der ſchwarze, ſedimentirende Körper pathologiſchen Harnes) ebenſo ſicher eines ganz andern Urſprungs als die Lipochromoïde und Melanoïde ſind. Dafür jedoch, daß manche ſog. Melanine trotz ihres Gehaltes an Eiſen und an Stickſtoff mit den Lipochromen in näherer genetiſcher Beziehung ſtehen als z. B. mit dem Hämoglobin, dürften die ſcharfe Abgrenzung einer melanotiſchen von einer lipochromatiſchen Färbung (z. B. in vielen Federn), ſowie das bei vielen Thieren ſtets vergeſellſchaftete Vorkommen von Repräſentanten beider Farbſtoffgruppen auf's Ueberzeugendſte ſprechen. Für die Entſtehung vieler melanotischen Pigmente ſcheinen Licht und Sauerſtoffmangel in einer zwar noch unaufgeklärten Weiſe unbedingtes Erforderniß zu ſein[15]); derartige Nebenumſtände machen es denn auch verſtändlich, daß bei albinotiſchen Individuen die Melanoſe in den Epidermoidalgebilden ausbleiben kann, während ſich die lipochromatiſchen Färbungen völlig normal entwickeln. Ich beſchränke mich hier des Weiteren darauf, eine Zuſammenſtellung der genaueſten Analyſen derartiger melanotiſcher Farbſtoffe zu geben und die Reſultate

neuerer Unterſuchungen mitzutheilen, welche am Fuscin, dem braunen Chorioïdealpigmente des Wirbelthierauges, und an dem Sepiafarbſtoffe gewonnen ſind.

Elementare Zuſammenſetzung melanotiſcher Pigmente (in Procenten).

	Chorioïdealpigment		Pigment aus melanot. Carcinomen		Schwarzer Federfarbſtoff			Sepienſchwarz	
					verſchiedener Corvus-Arten	von Pica caudata	von Ciconia alba	*P. Girod.*	
	Scherer.	*Rofow.*	*Dreßler*	*Heintz.*	*Hodgkinson* u. *Sorby.*			I.	II.
C	58,28	54,00	51,73	53,44	55,4	49,5	55,5	53,6	53,9
H	5,92	5,30	5,07	4,02	4,28	4,8	4,8	4,04	4,02
N	13,77	10,10	13,24	7,10	8,5	7,6	8,5	8,8	8,6
O	(22,03)	(30,0)	(29,96)	(35,44)					
Aſche		0,6	(1,47)					0	0

Das Fuscin erwies ſich bei verſchiedenen Thieren als mehr oder weniger lichtempfindlich, in keinem Falle aber als (bei Sauerſtoffanweſenheit) vollkommen lichtbeſtändig; concentrirte Säuren wie Alkalien bedürfen jedoch längerer Zeit oder des Erhitzens, um eine und ſelbſt dann nur ſehr unvollſtändige Zerſetzung oder Auflöſung des Pigmentes zu bewirken. Nur nach längerer Einwirkung von verdünnter Salpeterſäure wird das Fuscin in verdünnten Alkalien ſehr leicht löslich.

Das Sepienſchwarz iſt eine braunſchwarze, amorphe Maſſe mit grünlich metalliſchem Reflex. Es iſt vollkommen unlöslich in Waſſer, Alkohol und Aether. Concentrirte Schwefelſäure wie Salpeterſäure zerſetzen es und färben ſich dabei rothbraun; Salzſäure wirkt ſehr ſchwach ein, Chlor bleicht den Farbſtoff. Warme Kalilauge erzeugt eine tiefbraune Löſung, die durch Schwefelſäure wie Salzſäure gefällt wird; auch Ammoniak ſoll löſend wirken, nicht aber Alkalicarbonate.

Eine große Anzahl von dunkelvioletten, gelb- und rothbraunen Pigmenten, welche ſich von den Lipochromoïden und Melanoïden

durch das Nichteintreten der Schwefelfäurereaction, von den Melaninen durch ihre Färbung unterfcheiden, gleicht in der Refiftenz gegen Löfungsmittel, gegen Säuren und Alkalien den Melaninen; über jene läßt fich zur Zeit aber noch weniger fagen als über diefe. Ich erinnere deshalb nur kurz an jene humusartigen Subftanzen, welche fich unter Sauerftoff- und Waffer aufnahme aus Chromogenen in abfterbenden Pflanzentheilen (z. B. in den fich zur Herbftzeit bräunenden Blättern und Akazienfchoten) bilden, oder welche durch Wärme- wie durch Alkalieinwirkung aus den Uranidinen unter Sauerftoffaufnahme hervorgehen.

Die Uranidine.

Als Uranidine[16]) habe ich jene gelben Farbftoffe fehr verfchiedenartigen Vorkommens (Aplyfinofulvin in Aplysina aërophoba und Aplysilla sulfurea, die lymphatifchen Farbftoffe von Ascidien und Infecten [Hydrophilus, Dyticus, Oryctes, Melolontha, Lepidopterenpuppen etc.], Aethalioflavin in Aethalium septicum) zufammengefaßt, welche unter Mitwirkung von Fermenten (fei es, daß folche bei der Melanofe zerftört, fei es, daß diefe dabei überhaupt erft in Wirkfamkeit treten) in bräunliche oder dunkelviolette, gegen lipochromatifche Löfungsmittel und Alkalien, theilweife auch gegen Säuren widerftandsfähige Maffen verwandelt werden. Diefer Art wird auch der grüne Farbftoff fein, welchen Graf *B. Haller* in den Epithelzellen der Zuckerdrüfe von Chitonen antraf, und deffen Veränderung in Violett er mit dem Secretionsvorgange der Drüfen als in Beziehung ftehend nachwies[17]). Die Tabelle auf S. 98 gewährt einen Einblick in die bei der Verfärbung der Uranidine verlaufenden, jedenfalls fehr complicirten Vorgänge.

Am längften und am beften bekannt von allen thierifchen Farbftoffen find die Hämoglobine mit ihren Derivaten.

Die Hämoglobine mit ihren Abkömmlingen.

Die Hämoglobine zählen zu den Proteïden, d. h. Eiweißverbindungen, welche bei Spaltungsvorgängen neben anderen Stoffen Eiweißfubftanzen liefern; fo zerfallen fie bei längerer Erwärmung

der wäſſrigen Löſung auf 70—80° *C.* in coagulirtes Eiweiß und in Hämatin.

Das Spectralverhalten der Hämoglobine und ihrer Abkömmlinge iſt ein ſehr beſtimmtes und zum Nachweiſe derſelben wohl geeignet. Dieſes gilt jedoch nur, wenn man ſich fraglichen Falls nicht nur mit der oberflächlichen ſpectroſkopiſchen Prüfung eines einzigen Körpers dieſer Reihe (z. B. des Oxyhämoglobins) begnügt, ſondern die Unterſuchung auch auf die Zerſetzungsproducte desſelben ausdehnt, die Intenſität der einzelnen Abſorptionsbänder und deren Lageverhältniß zu den *Fraunhofer*'ſchen Linien im Spectrum allemal genügend berückſichtigt; dieſes iſt ſchon deshalb nöthig, weil nicht nur die aus dem Indigcarmin durch Kochen mit überſchüſſigem Alkali entſtehende Purpurinſchwefelſäure ein dem reducirten Hämoglobin ähnliches Spectralbild liefert, ſondern auch thieriſche Farbſtoffe (Turacin, Helicorubin, Carmin) dem Oxyhämoglobin ſpectroſkopiſch außerordentlich ähneln[18]). Nach *Kundt*'s Unterſuchungen[19]) ſcheinen die ſelbſt in kaum gefärbten Hämoglobinlöſungen ſo ſchwarz wie Tintenſtriche hervortretenden Spectralſtreifen auf anormaler Disperſion zu beruhen und an das ſpectroſkopiſche Verhalten des Hämoglobins Betrachtungen über Abſorptionsverhältniſſe und chemiſche Wirkungsweiſe zu knüpfen, dürfte deshalb heute nicht unfruchtbarer ſein als bei dem Chlorophyllgrün.

Bei den Hämoglobinen liegen die Dinge gerade umgekehrt wie bei den Lipochromen: die optiſche Analyſe läßt uns der chemiſchen und kryſtallographiſchen (vgl. beiſtehende Tabelle) gegenüber im Stiche und zeigt conſtante Abſorptionen bei großen ſonſtigen Differenzen, was ſich vermuthlich daraus erklärt, daß alle Hämoglobine als einziges gefärbtes Derivat das ſtets gleiche eiſenhaltige Hämatin liefern, wonach ſie ſämmtlich als Verbindungen deſſelben Farbſtoffes, und zwar des *Stokes*'ſchen reducirten Hämatins (= Hämochromogen *Hoppe-Seyler*'s) aufzufaſſen wären[20]). Nur die Färbungsintenſität weicht zwiſchen Hämoglobinen verſchiedener

Die Unterfcheidungsmerkmale der Hämoglobine. [21])

	Kryftallform	Elementare Zufammenfetzung							Kryftall-waffer-gehalt	Kryftalli-fations-fähigkeit	Löslichkeit in Waffer
		C	H	N	O	S	Fe	P_2O_5			
Pferd	rhombifche Tafeln und Prismen . .	54,87	6,97	17,31	19,73	0,65	0,47	—	—	bedeutend	
Hund	meift lange, vierfeitige Prismen .	53,85	7,32	16,17	21,84	0,39	0,43	—	3 — 4 %		gering
Schwein		54,17	7,38	16,23	21,36	0,66	0,43	—	5,9 %	fehr gering	
Meerfchweinchen . .	Tetraëder } rhombifch ?	54,12	7,36	16,78	20,68	0,58	0,48	—	6 %	fehr bedeutend	fehr gering
Ratte	Sphäroïde }										
Eichhörnchen . . .	hexagonal (fechsfeitige Tafeln) .	54,09	7,39	16,09	21,44	0,40	0,59	—	9,4 %	bedeutend	gering
Gans	rhombifche Tafeln	54,26	7,10	16,21	20,69	0,54	0,43	0,77	7 %	gering	fehr groß.
Truthühner	regulär (Würfel, felten mit Octaëderflächen)										

Herkunft bisweilen, und in manchen Fällen alsdann ſelbſt erheblich ab[22]).

Wie die Tabelle auf S. 29—32 im erſten Hefte dieſer Vorträge zeigt, wurde das Hämoglobin außer bei allen Wirbelthieren (mit alleiniger Ausnahme von Amphioxus [?][23]) und den Leptocephaliden) auch noch bei Würmern (Turbellarien [?], Nemertinen, Hirudineen, Chätopoden, Gephyreen), Arthropoden (Cruſtaceen, Inſecten) und Mollusken (Lamellibranchiaten, Gaſtropoden) nachgewieſen. Den Echinodermen, Cölenteraten, Protiſten ſcheint daſſelbe ebenſo wie den Pflanzen zu fehlen; es hat ſich herausgeſtellt, daß alle diesbezüglichen poſitiven Angaben auf Irrthümern und ſchlechten Beobachtungen beruhen.

Auch leicht künſtlich zu erhaltende Abkömmlinge des Hämoglobins wurden in thieriſchen Organismen angetroffen[24]). So finden ſich die aus dem Oxyhämoglobin durch Säuren oder ſtärkere Alkalien unter Eiweißabgabe hervorgehenden Hämatine in ſeltenen Fällen auch in alten Blutextravaſaten bei Wirbelthieren vor, das eiſenfreie Hämatin (Hämatoporphyrin), in welches das Hämoglobin durch conc. Schwefelſäure überzuführen iſt, iſt ein Secretionsproduct von Drüſen des Ovarialtractus bei Vögeln, deren Eierſchalen es ein rothes, braunes, lederfarbenes, gelbes oder ſchwarzes Colorit verleiht; bei Hämoglobinurie ſoll im friſchen menſchlichen Harne nur Methämoglobin, ein moleculares Umwandlungsproduct des Oxyhämoglobins, auftreten[25]), und *Maly*'s Hydrobilirubin (Urobilin *Jaffé*'s), welches durch Einwirkung von nascirendem Waſſerſtoff aus dem Hämoglobin erhalten wird, iſt ein häufiger, vielleicht ſogar ein conſtanter Beſtandtheil des Harnes bei Säugethieren. Das Hydrobilirubin wurde nicht nur aus dem Hämoglobin, ſondern auch aus dem Bilirubin (durch 2—3tägige Maceration mit Natriumamalgam bei Luftabſchluß oder durch Zinn und Salzſäure) gewonnen, und es wurde dadurch wahrſcheinlich gemacht, daß auch das Bilirubin und die übrigen Gallenfarbſtoffe Abkömmlinge des Hämo-

globins ſind, für welche Annahme das Vorkommen der ſog. Hämotoïdinkryſtalle, welche nichts anderes als Bilirubin ſind, in alten Blutergüſſen jedenfalls noch überzeugender ſpricht.

Die Gallenpigmente der Wirbelthiere werden durch eine Farbenreaction, durch die ſog. *Gmelin*'ſche Gallenfarbſtoffprobe, welche an ihnen ſowohl rohe Salpeterſäure wie alkoholiſche Bromlöſung hervorbringt, als Ganzes zuſammengehalten. Bei dieſer Reaction liefern ſämmtliche Gallenfarbſtoffe als Oxydationsproduct ſchließlich das Choletelin, mit dem das Hydrobilirubin, welches ein Reductionsproduct des Bilirubins darſtellt, nicht zu verwechſeln iſt. Die Angabe, daß auch Choletelin bei Behandlung mit Waſſer und Natriumamalgam Hydrobilirubin liefere, iſt nicht ohne Widerſpruch geblieben.

Entgegen vielen neueren, ſchon durch ältere, weit genauere Verſuche als widerlegt zu betrachtenden Angaben mußte bis vor Kurzem angenommen werden, daß die durch das Eintreten der *Gmelin*'ſchen Gallenfarbſtoffreaction gekennzeichneten Pigmente auf die Wirbelthiere im Vorkommen beſchränkt ſind; die Leber und ihre Secrete hatten ſich bei Wirbelloſen verſchiedenſter Claſſen von derartigen Farbſtoffen als vollkommen frei erwieſen[26]). Bei den Wirbelthieren waren dieſe Pigmente jedoch nicht nur in der Galle gefunden, ſondern auch die Placenta des Hundes[27]), die blauen und grünen Vogeleierſchalen waren als biliverdinhaltig erkannt worden[28]). Ich konnte indeß zeigen[29]), daß auch Wirbelloſe Biliverdin bilden, daß ſich dieſes in großer Menge in den Gehäuſen von Trochiden und Haliotiden findet, daß es nach Extraction der verkalkten Gebilde mit Salzſäure, ſowohl durch Salpeterſäure oder Bromwaſſer, wie auch durch die ſucceſſive Aufeinanderfolge der Spectraleigenthümlichkeiten bei der *Gmelin*'ſchen Probe als ſolches leicht und ſicher in der Löſung nachgewieſen werden kann. Fernerhin zeigte ich auch, daß ein dem Hämoglobin chemiſch fehr fern ſtehendes Pigment, das Turbobrunin, welches die dunkelrothen

Gehäuſe von Turbiden und Halioten tingirt, einfach in ſalzſaurer Löſung kurze Zeit gekocht, in Biliverdin übergeht[29]). Dieſe Befunde lehren, daß das Biliverdin und vermuthlich auch alle ſonſtigen Gallenpigmente der Wirbelthiere nicht nothwendig aus Hämoglobin zu entſtehen brauchen, ſondern auch aus andersartigen Subſtanzen hervorgehen können, während zugleich die Reſultate einer anderen Reihe vergleichend phyſiologiſcher Unterſuchungen lehren, daß ſich das Hämoglobin bei vielen Thieren (z. B. bei Planorbis, Lumbricus, Aphrodite) niemals in veritabele Gallenfarbſtoffe transformirt, ſondern im Organismus andersartig zerfallen muß.

Das bei der Umſetzung des Hämoglobins in eiſenfreie Farbſtoffe (Hämatoporphyrin, Gallenfarbſtoffe, Hydrobilirubin) austretende Eiſen verläßt bei den Säugethieren in der Galle und der Milch den Organismus und iſt in dieſen Secreten durch Reagentien direct nachweisbar, während z. B. der Harn niemals Eiſenſalze in freiem Zuſtande enthält. Eine ähnliche Abſpaltung von Eiſen, wie ſich ſolche normal im Körper vollzieht, erfährt auch das Hämoglobin in Blutextravaſaten, welche in Folge deſſen zu gelbbraunen eiſenreichen Infiltrationen Veranlaſſung werden[30]). Bei den Vögeln ſammelt ſich das bei der Hämatoporphyrin- und Gallenfarbſtoffbildung aus dem Hämoglobin abgeſpliſſene Eiſen oft reichlich in den Federn an; bei einem bosniſchen Lämmergeier fand ich in den durch Eiſenoxydhydrat dunkelbraun gefärbten Federn, welches dieſen durch verdünnte kalte Salzſäure ſo gründlich entzogen werden konnte, daß die Federn nach der Salzſäureeinwirkung vollkommen weiß erſchienen, nicht weniger als 4—5 % reinſtes Eiſenoxyd (Fe_2O_3)[31]).

Durch die Eigenſchaft, den Sauerſtoff der Luft locker chemiſch zu binden und denſelben bei einer Sauerſtoffverarmung der Umgebung an dieſe wieder abzutreten, iſt das Hämoglobin für den Wirbelthierorganismus ein Reſpirationsſtoff κατ' ἐξοχήν. Für eine

Erläuternde Ueberficht der Eigenfchaften der fermentativ veränderlichen Pigmente.

a) Die Refpirationsfarbftoffe mit Einfchluß der Floridine.

		Farbe des Oxydations-productes	Farbe des Desoxydations-productes	Wirkung der Wärme	Wirkung des Lichtes	Wirkung von Säuren	Wirkung von Alkalien	Spectrofkopifches Verhalten	Zur Erklärung des fpontanen Farbenwechfels verlangtes Agens
Hämoglobin		hellroth (arteriell). Oxyhämoglobin	dunkelroth (venös). Red. Hämoglobin	zerfetzend (Hämatin)	0	zerfetzend (Hämatin)		für Reduc. u. Oxyhämoglobin verfchieden	reine Hämoglobinwirkung
Hämocyanin		blau	gelblich (Hämocyanogen)	zerfetzend	0	zerfetzend		0	wechfelnde fermentative Nebenwirkungen
Floridine	Hämerythrin	roth	farblos (Hämerythrogen)	zerfetzend	0	zerfetzend		0	
	Bugulapurpur	violettpurpurn	gelblich (Bugulagelb)	oxydirend u. die Desoxydation verhindernd	befchleunigend bei der Desoxydation	fpectrofkopifche Veränderung		Bugulagelb: O Bugulapurpur: 2 Abforptionsbänd. zwifchen D u. E und zwifchen b u. F	Reductionsferment
	Das Floridin aus Reniera purpurea	kirfchroth	? gelbbraun	zerfetzend	0	fällend	fällend oder in Löfung verändernd	breiter Streifen zwifchen D u. F	reine Floridinwirkungen
	Das Floridin aus Hircinia variabilis	purpurn mit gelber Fluorescenz	? bräunlichgelb	zerfetzend	Desoxydat. befchleunigend	fällend		breites Band zwifchen D u. E	

b) Die melanotifch veränderbaren Pigmente (Uranidine).

Gelber Lymphfarbftoff von Hydrophilus piceus	braunfchwarz	gelb	Oxydation inhibirend	0	0	0	0		Oxydationsferment (post mortem entftehend)
Gelber Lymphfarbftoff von Ascidia fumigata	braunfchwarz	gelb	oxydirend	0	desoxydir. (grüngelb)	oxydirend	desoxydirt / oxydirt : O		Reductionsferment (post mortem verfchwindend)
Aplyfinofulvin	tief dunkelviol. (Aplyfinonigr.)	gelb	oxydirend	0	desoxydir. (braungelb)	oxydirend	desox. / oxyd. : O		
Uranidin	? dunkelbraun	gelb mit grüner Fluorescenz	0	0	0	fällend	desox.: Band hinter F oxyd.: O		Oxydationsferment

vergleichende Betrachtung der Reſpirationsvorgänge der Thiere iſt es nicht wenig günſtig, daß auch manche andere in thieriſchen Organismen als Sauerſtoffüberträger fungirende Subſtanzen, ganz ebenſo wie das Hämoglobin, ſchon durch die Färbung allein ihren Gehalt an Sauerſtoff errathen laſſen[32]). *Harleß* entdeckte einen, ſich dem Oxyhämoglobin in dieſer Beziehung ſehr ähnlich verhaltenden blauen Farbſtoff, das Hämocyanin, in der Hämolymphe von Mollusken, und durch meine Unterſuchungen wurde die Zahl derartiger Reſpirationspigmente noch um ein Erhebliches vermehrt. Zu den Reſpirationspigmenten zählen vornehmlich die Floridine[33]) (Hämerythrin, Bugulapurpur, das kirſchrothe Pigment von Reniera purpurea, das Roſa der Hircinia variabilis und einiger Spongelia- wie Reniera-Arten), violette bis purpurrothe Farbſtoffe, welche in Waſſer und Glycerin löslich, in den lipochromatiſchen Löſungsmitteln dagegen unlöslich ſind, ohne aber von dieſen zerſtört zu werden. *Sorby*'s Mittheilungen[34]) zufolge würde das Aphidin gleichfalls den Reſpirationspigmenten einzureihen ſein. — Ich überzeugte mich aber zugleich, daß bei den, dem Hämoglobin functionell analogen Farbſtoffen der Wirbelloſen die reſpiratoriſche Action keineswegs ſo einfach iſt wie bei dem Hämoglobin, und wie ſie auch für jene von mehreren Forſchern ohne Weiteres angenommen war. Auf der hier nochmals zum Abdruck gebrachten Tabelle dürften die diesbezüglichen Complicationen auffällig genug hervortreten.

Die Floridine.

Als vermeintliche Hämatinverbindungen hat man noch mehrere andere thieriſche Farbſtoffe mit dem Hämoglobin in directer Beziehung geglaubt, ſo das Chlorocruorin *Ray-Lankeſter*'s[35]), einen rothen, kryſtalliſirbaren Farbſtoff des Leberſecretes von Helix pomatia (Helicorubin)[36]) und die ſog. Dermochrome[37]).

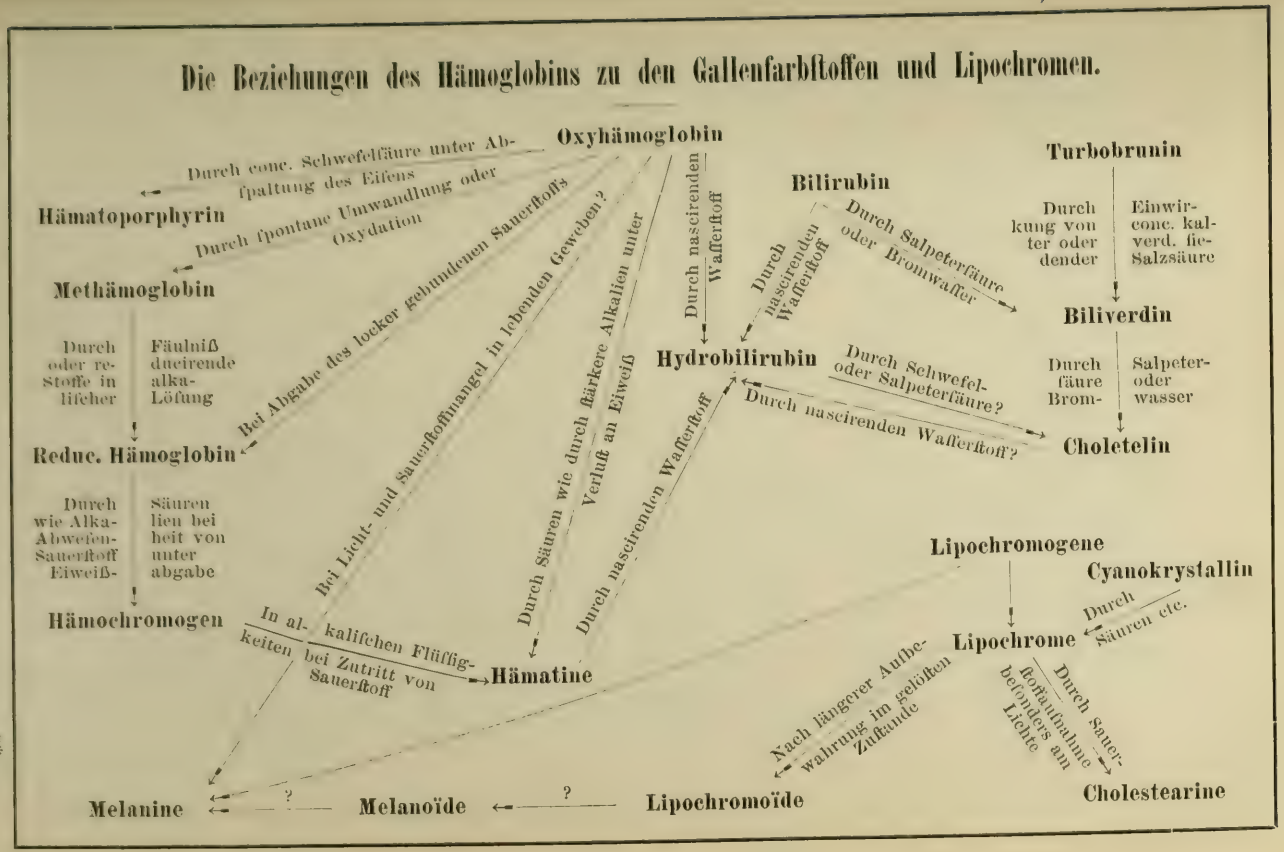
Angebliche Hämatinverbindungen.

Die Angaben von *Ray-Lankeſter* über das Chlorocruorin, ſowie die über das Helicorubin von *Sorby* habe ich in vielen gravitirenden Punkten berichtigen müſſen, und auch die Anſicht dieſer Au-

toren, daß es ſich bei dieſen Pigmenten um reſpirirende Stoffe handle, iſt vollkommen hinfällig geworden, ſeitdem ich nachgewieſen habe, daß *Ray-Lankeſter*'s Oxychlorocruorin und Erythrocruorin ein und dieſelbe Subſtanz ſind, welche durch Schwefelammonium nicht zu reduciren iſt. Ebenſo erhellt aus meinen Unterſuchungen, daß das Helicorubin durch Schwefelammonium keine Reduction erleidet, und nur die durch thatſächlich Beobachtetes ſehr ungenügend geſtützten Vermuthungen, daß das Chlorocruorin durch Cyankalium und Schwefelammonium dasſelbe Reductionsproduct wie das Hämoglobin, das Helicorubin bei der Oxydation durch Kaliumhypermanganat Hämatin liefern ſoll, bedürfen noch der Beſtätigung oder, was ſich vermuthlich eher ereignen wird, der Beſeitigung.

Sog. Dermochrome.

Die Speculationen *Mac Munn*'s über ſeine ſog. Dermochrome wären der Wiſſenſchaft ſicherlich ganz erſpart geblieben, wenn ſich dieſer Forſcher mit meinen $^3/_4$ Jahre vor ſeiner Publication erſchienenen Unterſuchungen bekannt gemacht hätte; ſo entging es ihm aber, daß ſeine Dermochrome nur Gemiſche von Lipochromen und Hämoglobinderivaten ſind. Daß *Mac Munn* aus der Haut von Hirudo medicinalis durch Digeriren und Erwärmen mit ſtarker Natronlauge und nachherige Säurebehandlung ſchließlich Hämatoporphyrin erhielt, kann Den nicht Wunder nehmen, welcher weiß, wie weit ſich bei dieſem Wurme die Darmwülſte an die äußere Haut erſtrecken, und wie ſchwierig dieſe zu präpariren iſt; daß daneben Lipochrome (*Mac Munn*'s Luteïn) gefunden wurden, iſt ebenfalls nichts Neues, da ich dieſelben nicht nur bei Arthropoden und Mollusken, ſondern auch bei Würmern und Echinodermen weit verbreitet fand. Ein gewiſſer Werth iſt in *Mac Munn*'s Arbeit nur den Angaben beizumeſſen, daß auch aus dem Integumente von Uraster, Limax flavus und Arion ater durch ſucceſſive Behandlung mit kochender Kalilauge und verdünnter warmer Schwefelſäure Hämatoporphyrin erhalten werden kann, was jedoch an Ge-


Die Beziehungen des Hämoglobins zu den Gallenfarbstoffen und Lipochromen.
Oxyhämoglobin
Durch conc. Schwefelsäure unter Abspaltung des Eisens
Hämatoporphyrin
Durch spontane Umwandlung oder Oxydation
Methämoglobin
Durch oder reStoffe in lifcher
Fäulniß dueirende alkaLösung
Reduc. Hämoglobin
Durch wie Alka-Abwefen-Sauerstoff Eiweiß-
Säuren lien bei heit von unter abgabe
Hämochromogen
In alkalischen Flüssigkeiten bei Zutritt von Sauerstoff
Hämatine
Bei Abgabe des locker gebundenen Sauerstoffs
Bei Licht- und Sauerstoffmangel in lebenden Geweben?
Durch Säuren wie durch stärkere Alkalien unter Verlust an Eiweiß
Durch nascirenden Wasserstoff
Durch nascirenden Wasserstoff
Bilirubin
Durch nascirenden Wasserstoff
Durch Salpetersäure oder Bromwasser
Hydrobilirubin
Durch Schwefel- oder Salpetersäure?
Durch nascirenden Wasserstoff?
Turbobrunin
Durch kung von ter oder dender
Einwirconc. kalverd. fieSalzsäure
Biliverdin
Durch säure Brom-
Salpeter- oder wasser
Choletelin
Lipochromogene
Cyanokrystallin
Durch Säuren etc.
Lipochrome
Nach längerer Aufbewahrung im gelösten Zustande
Durch Sauerstoffaufnahme besonders am Lichte
Cholestearine
Melanine
?
Melanoïde
?
Lipochromoïde

weben, welchen zuvor die Lipochrome vollſtändig entzogen wurden, erſt noch näher zu unterſuchen ſein wird.

Eine mittelbare Beziehung zwiſchen den einzelnen im Vorhergehenden abgehandelten Farbſtoffgruppen ergab ſich mit Sicherheit nur für das Turbobrunin (durch das Biliverdin) mit den Gallenfarbſtoffen einerſeits, und (durch das Hydrobilirubin) mit dem Hämoglobin anderſeits, eine directe für das Cyanokryſtallin mit den Lipochromen; vielleicht exiſtirt eine mittelbare Beziehung auch zwiſchen den Lipochromen und dem Hämoglobin, nämlich durch die Lipochromoïde, Melanoïde und Melanine. Die ſchematiſch gehaltene Tafel auf S. 101 bringt dieſe Verhältniſſe zum Ausdruck.

Echtes und falſches Chlorophyllgrün.

Die Chlorophyllfarbſtoffe betreffend, hatte ſich in der botaniſchen Literatur während der letzten Jahre der Unrath in einer ſo enormen Weiſe angehäuft, daß es unmöglich war, auf Grund derſelben den Chlorophyllnachweis bei Thieren überhaupt nur zu verſuchen. Was von Unkundigen in dieſer Richtung trotzdem unternommen wurde, mußte in ſeinen Reſultaten nothwendig belanglos bleiben. Aus den Unterſuchungen von *Hanſen*[38]), welche den Ballaſt aus der Literatur entfernten, die begangenen Irrthümer aufdeckten und der verdienſtlichen Arbeit von *Kraus* wieder zu dem verdienten Anſehen verhalfen, iſt der Wiſſenſchaft ein unermeßlicher Segen erwachſen. Jetzt, wo durch *Hanſen* feſtgeſtellt wurde, daß das Chlorophyll ein Gemenge zweier Farbſtoffe, des Chlorophyllgrüns und eines Lipochromes, des Chlorophyllgelbs, iſt, beide Beſtandtheile des ſog. Chlorophylls kryſtalliſirt erhalten, über das optiſche Verhalten beider endgültig entſchieden und das Chlorophyllgrün qualitativ wie quantitativ genau analyſirt werden konnte, dürfte es allerdings der Mühe werth ſein, zu unterſuchen, inwiefern frühere Vermuthungen in Betreff des Vorkommens von Chlorophyllgrün bei wirbelloſen Thieren das Richtige getroffen haben oder auch nicht[39]). Abgeſehen von pflanzlichem Paraſitismus und auf-

genommenem pflanzlichen Chlorophyll, ſcheint mir die Gegenwart echten Chlorophyllgrüns bei Thieren äußerſt zweifelhaft. *Sorby* und ich haben bereits dargethan, was *Schenk* vordem nicht vermochte, daß das Bonelleïn kein Chlorophyllgrün iſt[40]); ich zeigte fernerhin[41]), daß den grünen Inſectenflügeln keine Chlorophyllfärbung zu Grunde liegt und daß die gegentheilige Angabe von *H. Pocklington*[42]) nur darauf beruht, daß dieſer Forſcher nicht die geſonderten Cantharidenflügel, ſondern die ganzen Thiere mit Alkohol extrahirte und — weil der Darmtractus der Käfer in den aufgenommenen Eſchenblättern unverändertes Chlorophyll ja in Menge führt — ſo nothwendig eine Chlorophylllöſung erhalten mußte. Ebenſo erklärt ſich die, meinen Ergebniſſen ſeltſamer Weiſe entgegengeſtellte Angabe von *Mac Munn*[43]), welcher eine ſpektroſkopiſche Aehnlichkeit zwiſchen dem von den durchſcheinenden Raupen der Pieris rapae reflectirten Lichte und dem des Chlorophylls beobachtet zu haben angibt. Ein eventuell geſehenes Chlorophyllſpectrum kann in dieſem Falle aber nicht, wie *Mac Munn* annimmt, von den Pigmenten des Integumentes, ſondern nur von unveränderten chlorophyllhaltigen Maſſen im Darmkanale der Raupe hergerührt haben. Schließlich wurde auch von mir die ſchützende Färbung der zwiſchen Tangen lebenden grünen Virbius-Arten als nicht durch Chlorophyll veranlaßt erwieſen[44]). Beſonders verdienſtlich müßte es jetzt ſein, das Anthcagrün und die grünen Farbſtoffe von Stentor, Raphidiophrys, Heterophrys, Spongilla, Hydra viridis, Idotea viridis, Convoluta Schultzii, Mesostomum viride, Chaetopterus Valenciennesii, Elysia viridis, Actaeon viridis, die chlorophylloïden Farbſtoffe in den Lebern von Mollusken, Arthropoden, Würmern und Echinodermen einer ebenſo gründlichen Unterſuchung zu unterwerfen, als die iſt, welche heute über das pflanzliche Chlorophyll vorliegt, und auf Grund derſelben das Chlorophyllgrün hier kurz charakteriſirt werden ſoll.

Das aſchefreie Chlorophyllgrün beſteht nach *Hanſen*'s Analyſen aus 67.60 Th. Kohlenſtoff, 10.50 Th. Waſſerſtoff, 5.34 Th. Stickſtoff, 16.55 Th. Sauerſtoff und enthält nur ſehr minimale Spuren von Eiſen, keinen Schwefel. Gleich den Lipochromen widerſteht es einer Verſeifung mit ſiedender Natronlauge in wäſſriger wie alkoholiſcher Löſung und geht, wenn man bei der Extraction der Seife nach *Kühne*'s Methode[45]) verfährt, in den Aetherauszug über; es wird von Alkohol, Aether, fetten Oelen, Chloroform etc. in Löſung gebracht, gibt mit Waſſer eine dunkelgrüne Löſung und löſt ſich auch in concentrirter Schwefelſäure mit ſchön ſmaragdgrüner Farbe, nicht aber in Schwefelkohlenſtoff. Durch Salzſäure entſteht aus dem Chlorophyllgrün eine ſpangrüne, in Aether unlösliche Salzſäureverbindung, durch Chlor ein braungelbes Chlorid. Die den Löſungen des Chlorophyllgrüns zukommende blutrothe Fluorescenz fehlt der feſten Subſtanz, welche Dichroïsmus zeigt. Die Lichtempfindlichkeit des Farbſtoffes iſt beſonders beträchtlich in wäſſriger Löſung und in Chloroform. Salpeterſäure löſt das Chlorophyllgrün chamoïsfarbig; roth fluorescirend iſt die im übrigen gleich gefärbte Löſung dieſes Körpers in Aether. Das Spectralverhalten der Umwandlungsproducte durch Salzſäure, Schwefelſäure oder Salpeterſäure iſt von dem des unveränderten Chlorophyllgrüns nur durch eine Lageverſchiebung der Abſorptionsbänder gekennzeichnet.

Auf die zur Zeit wohl noch keineswegs ganz außer Frage geſtellte Symbioſe von Thieren und einzelligen Algen hier näher einzugehen, muß überflüſſig erſcheinen, weil dieſer Gegenſtand von *K. Brandt*[46]) erſt ganz kürzlich mit großer Ausführlichkeit behandelt wurde. Nur glaube ich ausdrücklich hervorheben zu ſollen, daß ſämmtliche in *Brandt*'s ſonſt ſo verdienſtvoller Arbeit herangezogenen, vermeintlichen Chlorophyllnachweiſe bei Wirbelloſen durchaus nichts beſagen, und daß es unſtatthaft iſt, die Verdienſte von *Geddes* durch die Bemerkung abzuſchwächen: «Da aber ſchon

längſt durch *Max Schultze* das Vorkommen von echtem Chlorophyll bei Turbellarien und anderen Thieren ſichergeſtellt, und auch ſpäter durch *Sorby* und Andere auf ſpectroſkopiſchem Wege echtes Chlorophyll in Thieren nachgewieſen war, ſo hatte das Ergebniß der Unterſuchung von *Geddes* nichts Ueberraſchendes.» Auch *Engelmann* ſoll durch ſeine «ſorgfältigen Unterſuchungen» dargethan haben, daß der «goldgelbe» (!) Farbſtoff der Acanthometriden Chlorophyll iſt. *Capranica* hatte ſeiner Zeit die Farbe des Hühnereierdotters in eine ſchön rothe und die Spectren der Auszüge von Eigelb in die von Extracten aus Hühneraugen verwandeln können[47]), warum vermöchte alſo nicht auch *Engelmann* in einem goldgelben Pigmente ein ſmaragdgrünes zu erblicken? Ich wiederhole hier, was, wie es ſcheint, zwar nur Wenigen zu hören angenehm iſt, daß chlorophyllähnliche Stoffe (Enterochlorophyll *Mac Munn*'s) von mir auch im Lebergewebe zahlreicher Mollusken-, Arthropoden-, Würmer- und Echinodermenſpecies aufgefunden ſind, und daß pflanzliches Chlorophyllgrün durch eine zweckentſprechende Farbſtoffanalyſe bislang noch bei keinem einzigen Wirbelloſen nachgewieſen wurde. Jeder Sachkundige wird zugeſtehen müſſen, daß es ohne ſehr ſorgfältige und eingehende Unterſuchungen ganz unmöglich iſt, manche veritabele Thierpigmente (z. B. Bonellein und die zahlreichen Hepatochrome) von dem Chlorophyllgrün mit ſeinen Zerſetzungsproducten auf irgend einem Wege — durch Behandlung mit noch ſo vielen Reagentien oder auch ſpectroſkopiſch — zu unterſcheiden; auf einer großen Literaturunkenntniß beruht es zwar, wenn *Mac Munn* glaubt, ich habe den chlorophylloïden Farbſtoff der gelben Zellen bei Anthea viridis mit dem Antheagrün verwechſelt; bin ich doch der Erſte geweſen, welcher beide Farbſtoffe nicht nur unterſchied, ſondern ſie auch von einander trennen lehrte[48]).

Gelbe und rothe Pflanzenfarbſtoffe.

Zu der Annahme, daß die gelben lipochromatiſchen Pflanzenfarbſtoffe (z. B. das Chlorophyllgelb, die gelben Blüthenfarbſtoffe etc.)

direct aus dem Chlorophyllgrün hervorgegangen ſind oder zu dieſem in irgendwelcher chemiſchen Beziehung ſtehen, reſp. daß ſie unter Aufnahme von Stickſtoff und gleichzeitiger Abgabe von Waſſerſtoff und Sauerſtoff in Chlorophyllgrün übergehen können[49]), liegt gegenwärtig gar kein Grund vor; wir wiſſen vielmehr, daß ſich Lipochrome auch in den Geweben der Thiere, ſelbſt noch bei Vögeln und Säugern ſelbſtändig bilden, daß ſie in chemiſch ganz anderen Subſtanzen als das Chlorophyllgrün iſt, vorgebildet ſein können. Eine gleiche Unabhängigkeit vom Chlorophyllgrün documentiren auch die gewöhnlichen, im Zellſaft gelöſten rothen, blauen wie violetten Blüthen- oder Fruchtfarbſtoffe, welche als Erythrophyll, Anthocyan, Cyanin, Oenolin etc. bezeichnet wurden. Die blauen und violetten Farbſtoffe gehen durch Säuren in den rothen über, und der rothe wird durch Eiſenvitriol wie durch wenig Natriumphosphat violett, auf reichlichem Zuſatz des Natriumſalzes aber blau. Alkalien färben die rothen Löſungen grün, beim nachherigen Neutraliſiren mit irgend einer Säure kehrt aber das urſprüngliche Roth unverändert zurück[50]).

Ein farbloſes Chromogen im Blattparenchym der Aloëarten geht, wie *Hanſen* nachwies[51]), unter Waſſer- und Sauerſtoffaufnahme in ein rothes Pigment über, welches mit dem Violettroth vieler Früchte völlig übereinſtimmt. Die Umwandlung dieſes Chromogenes in den rothen Farbſtoff erfolgt bei Anweſenheit von Waſſer und Sauerſtoff noch nach vorausgegangenem, mehrere Stunden unterhaltenem Trocknen des Blattparenchyms bei 150° *C.*, nicht aber in kaltem oder ſiedendem Alkohol; ein in Waſſer gegoſſener alkoholiſcher Auszug des Parenchyms färbt ſich aber gleichfalls roth, was beweiſt, daß das Chromogen durch den Alkohol nicht zerſtört, ſondern durch dieſen nur an einer Waſſeraufnahme verhindert wurde. Aus dieſen wichtigen Beobachtungen folgt die Unabhängigkeit des Entſtehens der rothen Pflanzenfarbſtoffe von der Anweſenheit des Chlorophyllgrüns.

Wahre und falſche Indigofarbſtoffe.

Subſtanzen der Indigogruppe[52]) finden ſich bei Pflanzen wie bei Thieren. In den ſauren Säften mehrerer Pflanzen, welche

Indigweiß nicht zu löſen vermöchten, findet ſich nach *Schunck* ein Chromogen von Glykoſidnatur, das Indican ($C_{26}H_{31}NO_{17}$), welches ſich durch verdünnte Säuren und Fermente leicht in Indigblau ($C_{16}H_{10}N_2O_2$) und Indiglucin ($C_6H_{10}O_6$) ſpaltet. Species der verſchiedenſten Pflanzenfamilien werden zur Indigobereitung verwandt und auch aus vielen anderen, darauf noch nicht genauer unterſuchten Pflanzenarten läßt ſich ein dem Indigblau ähnlicher, vielleicht damit übereinſtimmender Farbſtoff gewinnen.

Im Harne der Säugethiere findet ſich oft in reichlicher Menge das ſogenannte Harnindican, d. i. indoxylſchwefelſaures Kalium ($C_8H_6NSO_4K$), hervorgegangen aus reſorbirtem Indol (C_8H_7N), einem Zerſetzungsproducte der Eiweißkörper bei dem Fäulnißvorgange im Darmkanale, und ganz analog dem Indol erſcheint das homolog conſtituirte und gleichfalls bei der Eiweißfäulniß entſtandene Skatol (C_9H_9N) als ſkatoxylſchwefelſaures Kalium ($C_9H_8NSO_4K$) im Harne wieder.

Dem Indigblau verwandt oder damit identiſch ſchien lange der dunkelpurpurrothe Farbſtoff, welcher ſich am Lichte, unabhängig vom Sauerſtoff der Luft, aus einem Chromogene in dem Mantelſecrete von Purpura lapillus und P. patula bildet. Dieſer Farbſtoff, der Purpur der Alten, *Schunck*'s Punicin iſt in Waſſer, Alkohol und Aether unlöslich, in ſiedendem Benzol wie ſiedendem Eiseſſig in geringem Grade und in heißem Phenol wie in kochendem Anilin ſehr leicht löslich. Letztere Löſung zeigt einen breiten Abſorptionsſtreifen zwiſchen C und D. Das Punicin ſublimirt bei 190° C. in ſchönen, metallglänzenden Kryſtallen, deren Ränder tief indigblau gefärbt ſind, löſt ſich in conc. Schwefelſäure, bildet aber keine Sulfoſäure, wodurch es vom Indigblau abweicht. Die Schwefelſäurelöſung zeigt einen Abſorptionsſtreifen zwiſchen D und E, wird durch alkaliſche Zinnoxydullöſung reducirt, der Farbſtoff fällt aber aus dieſer Löſung an der Luft wieder aus. Salpeterſäure und Chromſäure greifen das Punicin auch in der Wärme nur langſam

an, Brom verwandelt es in einen, in gelben Nadeln kryſtalliſirenden, in Alkohol löslichen Körper. *Schunck* vermuthet, daß das Punicin ein ſonſt noch unbekanntes Glied der Indigogruppe iſt.

Der violette Körper, welcher ſich unter Lichteinwirkung aus einem gelblichen Chromogene in dem Purpurdrüſenſecrete mehrerer Muriciden bildet, beſteht nach *A.* und *G. de Negri* bei Murex trunculus aus zwei Farbſtoffen, deren einer Indigo ſein ſoll, welchen dieſe Forſcher daraus abgeſchieden haben wollen. Dieſe Schlußfolgerung befindet ſich im Widerſpruche mit den Angaben von *Bizio*, denen gemäß der Purpur von Murex durch conc. Schwefelſäure nicht angegriffen, durch conc. Salpeterſäure goldgelb gefärbt wird. Nach *Bizio* iſt der Farbſtoff in Alkohol, Aether, Waſſer, verdünnten Säuren und kalten Alkalien unlöslich, nur kochende Kalilauge färbt er gelblich. Mir gelang es aus dem Purpurſafte von M. trunculus (in einem gewiſſen Stadium ſeiner Umſetzung) eine wäſſrige violettblaue Farbſtofflöſung zu erhalten, deren Spectrum ein breites Abſorptionsband vor und um E zeigte. Näheres iſt über den Muricidenpurpur nicht bekannt geworden.

Angebliche Anilinfarbſtoffe.

Auch natürliche Anilinfarbſtoffe[53]) will man im Thierreiche aufgefunden haben. Nach *O. Erdmann* ſoll das carminrothe Pigment, welches Monas prodigiosa auf ſtickſtoffhaltigen Nahrungsmitteln bildet, nur in ſeinem Verhalten gegen Salzſäure vom Rosanilin abweichen. Durch die Güte des Herrn Dr. *G. Pfeffer* erhielt ich kürzlich Rahm, welcher von dieſem Schizomyceten befallen war, und überzeugte mich, daß der Farbſtoff in Waſſer unlöslich, in Aether wie Alkohol dagegen leicht löslich iſt. Die alkoholiſche Löſung wurde durch Alkalien entfärbt, beim Neutraliſiren mit Salzſäure das Pigment aber regenerirt. Im trocknen Zuſtande färbte ſich der Farbſtoff mit conc. Schwefelſäure vorübergehend purpurviolett, mit ſtarker, roher Salpeterſäure anfangs gelblich, ſpäter verſchwand die Färbung ganz. Das Spectrum der alkoholiſchen Löſung zeigte drei Abſorptionsbänder: eins hinter D, ein

zweites unmittelbar vor E und ein drittes vor F. Da nun das Fuchſin ein nur einbänderiges Spectrum liefert, der in der Mitte von D und E lagernde Streifen ſich mit zunehmender Concentration, beſonders nach dem violetten Ende des Spectrums hin raſch verbreitert, ſo iſt der rothe Farbſtoff von Monas prodigiosa unmöglich damit identiſch.

Erdmann wies ebenfalls darauf hin, daß die Blaufärbung der von Vibrio cyanogenus befallenen Milch auf einem Farbſtoffe beruht, welcher in ſeinen Reactionen ſpeciell demjenigen Anilinblau gleicht, welches *A. W. Hofmann* als Triphenylrosanilin betrachtet. Mir hat ſich mehrfach Gelegenheit geboten, dieſen Vibrionenfarbſtoff auf Leichentheilen, feucht gehaltenem Fibrin zu beobachten und zu unterſuchen. Die Uebereinſtimmung desſelben mit einigen Anilinfarbſtoffen iſt eine auffallende, auch ſein ſpectroſkopiſches Verhalten weicht nur darin von dem Anilinblau ab, daß das Abſorptionsband um D bei dem Vibrionenblau ein wenig mehr nach dem violetten Ende des Spectrums verſchoben iſt als bei irgend einem der von mir geprüften Sorten von Anilinblau. Ob es ſich bei dieſem blauen Vibrionenpigmente jedoch thatſächlich um einen Farbſtoff aus der Triphenylmethan-Gruppe handelt, vermag nur die Elementaranalyſe desſelben endgültig zu entſcheiden.

Auf Grund weniger, nichtiger Reactionen behauptete *M. Ziegler*, daß die gefärbte Flüſſigkeit, welche Aplysia depilans abſondert, eine concentrirte Löſung von Anilinroth und Anilinviolett ſei. Er gibt an, daß ſich die gefärbte Löſung ſehr leicht zerſetzt; fälle man aber den Farbſtoff durch Schwefelſäure und nochmals aus der alkoholiſchen Löſung durch Kochſalz, ſo werde eine Subſtanz gewonnen, die ſich durch concentrirte Schwefelſäure in ein ſchönes Blau verwandele, beim Löſen in Waſſer aber wieder violett werde (*Ziegler's* Anilinviolett). Der bei der Kochſalzfällung in Löſung bleibende Farbſtoff durch Gerbſäure abgeſchieden, ſollte (wie Fuchſin), durch Ammoniak entfärbt, durch Eſſigſäure wieder geröthet werden.

Die Farbſtoffe im Aplyſiaſecrete ſind auch von *Moſeley* und *Mac Munn* ſtudirt worden. *Moſeley*'s Aplyſiopurpurin iſt ein Purpurfarbſtoff, deſſen alkoholiſche Löſung ein ſehr dunkles Band zwiſchen b und F zeigt, das ſich über E hinaus in ein ſchwächeres fortſetzt. Beim Anſäuern wird die Löſung ſchön violett und zeigt dann drei Spectralbänder, indem ſich das ſchwarze zwiſchen b und F in unveränderter Lage erhält, und an Stelle ſeiner ſchwächeren Verbreiterung nach dem Roth zu zwei neue Bänder auftreten, ein ſchmales unmittelbar vor D und ein breites in der Mitte von D und E. Nach *Mac Munn* löſt ſich der Aplyſiapurpur (ſicherlich ein Farbſtoffgemiſch!) in Waſſer, Alkohol, Aether, Chloroform, Schwefelkohlenſtoff und zeigt in wäſſriger, alkoholiſcher, ätheriſcher Löſung wie auch in Chloroform ein ähnliches Spectralverhalten (ein Band vor D und zwei breitere vor E und vor F), welches aber von dem des Aplyſiopurpurin *Moſeley*'s immerhin erheblich abweicht. Durch Natronlauge wird die alkoholiſche Löſung ſchwach blau oder grün, und in dem Spectrum der Löſung zeigt ſich nur das Band vor D erhalten. Eſſigſäure, Salzſäure, Schwefelſäure wie Salpeterſäure färben die alkoholiſche Farbſtofflöſung violett, welche dann ein breites, dunkeles Band um D bis E und ein ſchwächeres vor F aufweiſt. *Moſeley* unterſuchte Aplyſien vom Cap Vincent und von den Cap-Verdiſchen Inſeln, *Mac Munn* ſolche von der Weſtküſte Irlands, woraus ſich vielleicht einige Differenzen in ihren Angaben erklären. Die ſpectroſkopiſchen Unterſuchungen beider Forſcher lehren indeß übereinſtimmend, daß bei der Färbung des Aplyſiaſecretes keine Anilinfarbſtoffe in Frage kommen.

Die thieriſchen Färbungen entſtehen in allen bislang betrachteten Fällen einfach in Folge der durch die in den Geweben deponirten feſten Farbſtoffe oder Farbſtofflöſungen erfolgenden Abſorption einzelner Strahlengattungen des in die Gewebe eindringenden Lichtes. Fallen die nicht abſorbirten Lichtbeſtandtheile durch die farbſtoffhaltigen Gewebe hindurch, ſo erſcheinen dieſelben farbig durch-

lichtig, werden dieſelben dagegen zurückgeworfen, ſo erſcheinen ſie farbig undurchſichtig. Beide Male rührt die Körperfarbe von den, bei der Abſorption übrigbleibenden Beſtandtheilen des weißen Lichtes her, und da in dem zurückgeworfenen Lichte dieſelben Strahlengattungen fehlen wie in dem durchgelaſſenen, nämlich die in den oberſten Schichten abſorbirten, ſo muß ein farbig durchſichtiges Gebilde im durchfallenden Lichte dieſelben Farben zeigen wie im reflectirten. Die Farbe wechſelt hierbei weder unter irgend einem Winkel des einfallenden Lichtes, noch des die Farbe percipirenden Auges. Nur die Oberflächenbeſchaffenheit der überliegenden durchſichtigen Gewebsſchichten modificirt die Färbung inſofern, als bei rauher Oberfläche die Farben mehr oder weniger matt ſind, bei glatter hingegen mehr oder weniger glänzend und geſättigter erſcheinen.

Die Fälle, wo den thieriſchen Färbungen ein Farbſtoffkörper zu Grunde liegt, ſind zweifellos die theoretiſch einfachſten; außer dieſen ſog. objectiven chemiſchen Abſorptionsfarben, durch welche ſämmtliche ſchwarze und braune, die rothen, orangenen und gelben Farbentöne meiſtentheils bewirkt werden, kommen, abgeſehen von den Fluorescenz- und Phosphorescenzerſcheinungen, bei einer vergleichenden Chromatologie der Organismen aber auch noch die objectiven und ſubjectiven Structurfarben[54]) in Betracht, welche, ausgenommen wenige zweifelhafte Fälle, im durchfallenden Lichte ſtets andere ſind als im auffallenden. Gerade die brillanteſten Thierfarben beruhen ſehr häufig nicht (oder nicht hauptſächlich) auf der Gegenwart eigenthümlicher, vermöge ihrer chemiſchen Natur farbiger Stoffe, ſondern auf beſonderen Structurverhältniſſen (Faſerung, Streifung, eingeſchloſſene Lufträume u. ſ. w.), weshalb ſie auch durch rein mechaniſche Eingriffe (Quetſchen, Hämmern, Pulveriſiren) verändert oder aufgehoben werden, chemiſchen Agentien gegenüber, ſoweit die Structurverhältniſſe dadurch keine Abänderung erfahren, dagegen widerſtehen. Nirgends in der ganzen

Die Structurfarben.

Thierreihe treten die Structurfarben in einer ſolchen Mannigfaltigkeit und ſo überraſchend in ihrem Effecte auf als am Gefieder der Vögel, an welchem wir dieſelben deshalb auch vorzugsweiſe erläutern wollen.

Die objectiven Structurfarben unterſcheiden ſich dadurch von den ſubjectiven, daß erſtere in keiner Weiſe von der Lage des Auges oder der auffallenden Lichtſtrahlen abhängig ſind, während die ſubjectiven Structurfarben unter dieſen beiden Verhältniſſen wechſeln.

Der einfachſte Fall einer objectiven Structurfarbe iſt das reine Weiß, welches durch einen, dem Gewebe eingelagerten undurchſichtigen Körper hervorgerufen wird, der alle Beſtandtheile des auf ihn fallenden Sonnenlichtes in hohem Betrage und in gleichem Maße zurückwirft, wie ſie in dem Sonnenlichte enthalten ſind, der alſo nur kleine Beträge davon abſorbirt. Derſelbe Effect wird oft (z. B. in allen weißen Federn, den weißen Haaren) dadurch erzielt, daß die Gewebe von Lufträumen durchſetzt werden, bisweilen ſo reichlich, daß die feſten Gebilde auf ein zartes Maſchenwerk reducirt ſind.

Viele weiße Färbungen von Thieren ſind als Anpaſſungserſcheinungen gedeutet, andere als zweckmäßig für das darüber verlaufende Chromatophorenſpiel befunden worden. In der That ließe ſich außer dem amorphen Calciumcarbonat kaum eine, in thieriſchen Zellen auftretende Subſtanz ausfindig machen, welche wegen ihrer kreidigen, undurchſichtigen Beſchaffenheit einen paſſenderen Untergrund für ein Spiel von Farbſtoffzellen abgeben könnte als das Guanin[55]), welches Epidermiszellen bei Fiſchen, Amphibien und Reptilien oft ſo maſſenhaft erfüllt. Einer Verallgemeinerung dieſer Idee ſteht aber die Thatſache entgegen, daß bei vielen Thieren (Batrachier, Schlangen) vornehmlich die untere Körperfläche guaninhaltig iſt, nicht die Schauſeite, an der doch allein der Farbenwechſel wirkungsfähig werden könnte. — Wie die kreidigen Par-

tieen in der Haut bei Raupen zu Stande kommen, wiſſen wir noch nicht mit Beſtimmtheit anzugeben, nur ſoviel ſteht feſt, daß dieſelben nicht, wie *Leydig* glaubte, auf Guanineinlagerungen beruhen[56]).

Während das reine Guanin die Hautdecke der Batrachier, Reptilien und Selachier ſtellenweiſe in einen undurchſichtigen weißen Mantel verwandelt, auf welchem die Chromatophoren oder Chromatoblaſten ihr Spiel treiben, verleihen feine Kryſtällchen von Guaninkalk der äußern Haut von Knochenfiſchen den prächtigſten Silberglanz. In der Cephalopodenſklera ſind es ſpindelförmige Kryſtalloïde — deren chemiſche Natur noch nicht aufgeklärt, ſondern nur bewieſen wurde, daß ſie weder aus Uraten noch aus Guanin beſtehen[57]), — welche einen ſehr ähnlichen Eindruck hervorrufen. In wie weit dieſer Silberglanz auf Interferenz oder auf totaler Reflexion beruht, wo alsdann der Guaninkalk ähnlich den mit Luft erfüllten Poren an der Unterſeite der Hydrophiliden, Dyticiden und der Hydrometra wirken würde, bedarf wohl noch eingehenderer Unterſuchungen.

Zu den objectiven Structurfarben zählt fernerhin das helle bis dunkele Blau vieler Vogelfedern (Irena puella, zahlreicher Psittacidenſpecies, Pitta moluccensis etc.) und nackter Hautſtellen bei Vögeln (z. B. bei Casuarius) wie bei Säugethieren (z. B. beim Mandrill). Das phyſikaliſche Zuſtandekommen der intenſiven Blaufärbung in den Hauttheilen wurde noch immer ganz ununterſucht gelaſſen, und wie dieſe Färbungen durch die vielfachen Abſorptionen und Brechungen, welche die das Gewebe treffenden Lichtſtrahlen bis zum Eintritt in die ſchwarze Pigmentlage oder in unſer Auge erfahren, in den Federn der Vögel entſteht, iſt äußerſt ſchwer, aller Wahrſcheinlichkeit nach ganz unmöglich zu erklären. Wir wiſſen nur, daß in allen derartigen Federn der blaue Farbenton genau an der Stelle einſetzt, wo ſich über die, ſtets zu unterſt liegende ſchwarze reſp. braune Pigmentlage eine Schicht von prismatiſchen oder kugeligen Hohlräumen (als l'émail zuerſt von *Fatio*

beſchrieben und als große polygonale Zellen mit gefärbten Kernen gedeutet; *Gadow*'s prismatic cells oder prismatic columns) ſchiebt; meiſt zeigt ſich die Blaufärbung auf die Federäſte beſchränkt, welche an dieſen Stellen jeder weitern Veräſtelung und der Anhänge entbehren, dafür aber breiter und flacher werden.

Einige thieriſche Flüſſigkeiten und durchſcheinende Gewebe zeigen im durchgelaſſenen Lichte einen mehr gelblichen oder röthlichen, im auffallenden Lichte dagegen einen bläulichen Farbenton. Dieſe Farbenerſcheinungen beruhen nach *Brücke* und *Helmholtz* darauf, daß das Licht unter dieſen Umſtänden ein mit ſehr kleinen Theilchen erfülltes Medium paſſirt; das auffallende weiße Licht wird dann nicht gleichmäßig zurückgeworfen, weil die Lichtwellen der verſchiedenen Strahlengattungen ja bekanntlich verſchieden groß und je kleiner dieſelben ſind, deſto bedeutender auch die relative Größe jedes Theilchens, auf das die Lichtwelle auffällt, und deſto größer demnach auch die Reflexion ſein muß. Im zerſtreuten Lichte ſehen wir deshalb das Blau überwiegen und das durchgelaſſene Licht wird da, wo von ihm nur eine kurze Strecke in dem trüben Medium zurückgelegt wurde, gelblich erſcheinen.

In vielen, ſtellenweiſe blauen Papageienfedern liegt (unter Beibehaltung der den blauen Federn charakteriſtiſchen Textur) über der ſchwarzen Pigmentſchicht ein gelb gefärbtes Horngewebe, wodurch die Feder einen, im auffallenden Lichte rein dunkelgrünen Farbenton bekommt. Alle gelben Federn, mögen dieſelben ein gelbes Pigment enthalten oder nicht, zeichnen ſich nach *Gadow*'s Unterſuchungen durch eine ſehr feine Längsſtreifung ihrer Oberfläche aus, bei der die einzelnen Erhabenheiten mehr oder weniger parallel zu einander ſtehen und als gerade verlaufende Linien erſcheinen. Häufig beruht die Gelbfärbung von Federn lediglich auf einer ſolchen Längsſtreifung; ſo z. B. bei den, im auffallenden Lichte gelb, im durchfallenden farblos erſcheinenden Federn von Pitta, bei welchen die Längswülſte nur um ca. 0.0015 mm von

einander abſtehen. Die violette Färbung gewiſſer Federn (z. B. bei Aethopyga und Sturnus) liegt in ähnlichen Verhältniſſen begründet, jedoch iſt bei dieſen die Riffelung eine viel feinere als bei den gelben Federn, und die leiſtenförmigen Erhebungen ſcheinen auch nicht geradlinig zu verlaufen.

Nach *Gadow*'s Unterſuchungen kommt auch das Grün bei den meiſten grünen Federn nicht als Miſchfarbe eines gelben Pigmentes und eines durch die Textur bedingten Blau zu Stande, ſondern durch eine andersartige Structur. Die grünen Federn beſitzen gewöhnlich eine glatte Oberfläche und zwiſchen den durchſichtigen, äußeren Zellenlagen und dem bald gelben, bald braunen oder nelkenfarbigen Pigmente in der Tiefe befindet ſich ein Syſtem von Streifen und feinen Grübchen. Je regelmäßiger und paralleler die dadurch entſtehenden Furchen angeordnet ſind, deſto mehr ſoll das Grün in's Gelbe übergehen. Da pigmentfreie grüne Federn unbekannt ſind, ſich aber bei allen die eigenthümliche Zwiſchenſtructur findet, ſo wird man nach *Gadow* nicht annehmen können, daß das Grün oder ein eventuelles Blau rein in der Textur begründet liegt, ſondern daß vielmehr die Federn das von dem gelben Pigmente ausgehende Licht dem Grün zu brechen. Vergleiche ich indeß die Zeichnung einer ſolchen grünen Feder in der Abhandlung *Gadow*'s mit den von mir eingehender unterſuchten blauen Federn der Irena puella, ſo kann ich nicht zugeben, daß ſich beide Federn in ihrer Structur erheblich unterſcheiden. — Durch ähnliche Lichtreflexe wie in den Federn entſteht zweifellos auch die grüne Hautfarbe der Amphibien (z. B. bei Rana, Hyla arborea) und Reptilien (Chamaeleo, Lacerta etc.).

Ob die blauen Farbentöne, welche man oft in ſehr intenſivem Grade und ohne begleitendes ſchwarzes Pigment an Molluskenſchalen (z. B. bei Mytilus edulis, Cypraea moneta) auftreten ſieht, welche ſich aber weder bei durchfallendem und in verſchiedenen Richtungen auffallendem Lichte, noch wenn die Gehäuſe

zu Pulver zerſtoßen ſind, ändern oder gar verſchwinden, ebenfalls nur in der Structur des Gewebes begründet liegen, vermag die wiſſenſchaftliche Optik unſerer Tage wohl kaum zu entſcheiden. Mir gelang es nicht, mich in dieſen Fällen von der Anweſenheit eines Farbſtoffkörpers direct zu überzeugen, geſchweige denſelben aus den Schalen zu extrahiren, wobei allerdings eine vorherige Beſeitigung der Kalkſalze durch Säuren nicht umgangen werden konnte.

Die ſubjectiven Structurfarben ſind ſolche, welche wechſeln mit der Stellung des einfallenden Lichtes und des beobachtenden Auges. Dieſe zerfallen in zwei Gruppen, 1) in die Interferenzfarben und 2) in die prismatiſchen Disperſionsfarben.

Die Interferenzfarben werden hervorgebracht durch eine äußerſt feine Streifung oder auch durch ſchichtenweiſes Abwechſeln von dünneren und dickeren Gewebslamellen reſp. von zarten Häuten und eingeſchloſſenen Lufträumen. Die metalliſch glänzenden Farben der Schlangenſchuppen, der Schmetterlingsflügel, der Schwingplättchen bei den Rippenquallen, der Calyptren einiger Käfer (Curculioniden, Hoplia farinosa) verdanken einer feinen Streifung ihre außergewöhnliche Farbenpracht. Sehr ſchön zeigen ſich «die Farben der geſtreiften Oberflächen» am ſog. Perlmutter der Molluskenſchalen. Hier ſind es ausnehmend dünne Lagen, welche, wenn man ſie beim Poliren der Schale durchſchneidet, ihre Ränder und dazwiſchen die für das Zuſtandekommen der Interferenzerſcheinungen erforderlichen kleinen und regelmäßigen Furchen zeigen. *Brewſter* lieferte den entſcheidenden Beweis, daß das Iriſiren des Perlmutters dem mechaniſchen Zuſtande der Schalenoberfläche zuzuſchreiben iſt, dadurch, daß er ein iriſirendes Schalenſtück in ſchwarzes Siegellack abdrückte, worauf dieſes mit den Furchen auch die Farben des Perlmutters wiedergab.

Als Interferenzfarben betrachtet *Brücke* auch das an den Edelopal erinnernde Opaliſiren der Haut von Cephalopoden, welches

unter den mittelländiſchen Species beſonders ſchön an Sepiola Rondeletii beobachtet werden kann. «Es iſt mir nicht zweifelhaft», ſagt *Brücke*, «daß dieſe Farben Interferenzfarben dünner Blättchen ſind. Erſtens ſpricht dafür der außerordentliche Glanz und die Lebhaftigkeit der Farben, und zweitens der Umſtand, daß alle Farben, welche hier vorkommen, einer beſtimmten Abtheilung der Farbenſcala entnommen ſind; es ſind nämlich keine anderen als die des dritten *Newton*'ſchen Ringſyſtemes, welche vom Violet aufwärts bis zum Roth vollſtändig und in allen Abſtufungen vertreten ſind. Namentlich waren an meinem Exemplare häufig blaue, meergrüne, grasgrüne und gelbgrüne Flittern. Man muß ſich erinnern, daß, wenn wir mit unſeren zuſammengeſetzten Mikroſkopen die Gegenſtände bei durchfallendem Lichte unterſuchen, unſere Netzhaut kein Bild derſelben im gewöhnlichen Sinne des Wortes empfängt, ſondern der Schatten des Objects auf ſie geworfen wird. Wenn nun auch der Effect der Beugung bei größeren Gegenſtänden ſo gering iſt, daß er nicht wahrgenommen wird, ſo kann er doch bei einem ſo kleinen Objecte, wie das in Rede ſtehende, die optiſchen Eigenſchaften desſelben ſehr wohl verdecken. Vielleicht mochte auch die Intenſität der im durchfallenden Lichte interferirenden Wellenzüge ſo verſchieden ſein, daß die Farbe an ſich nur ſehr ſchwach ausfallen konnte. Deshalb ſah man die Flittern, wenn ſie von unten beleuchtet waren, nur als einzelne helle, matt gelbliche oder bräunliche Punkte, von einem dunkleren Rande umgeben.» Eine Nachforſchung über das Entſtehen der iriſirenden Farben an der Haut von Sepiola Rondeletii haben mir[58]) indeß gezeigt, daß dieſelben nicht, wie *Brücke* will, durch zahlloſe, ſehr kleine, der Haut eingeſtreute Flitterchen, ſondern durch eine feine Riffelung von Zellen bewirkt werden, und dieſe Erſcheinungen ſomit phyſikaliſch ganz die nämlichen ſind, wie an den Schuppen der Schlangen, Lepidopteren und Curculioniden.

Die Schillerfarben weißer und grauer Federn (z. B. bei Tauben),

welche ſich beim Uebergange von der ſenkrechten zur ſtreifenden Incidenz von Roth in Grün oder von Grün in Roth ändern, und, wenn man die Feder (am beſten mit Alkohol) benetzt, verſchwinden, beim Trocknen aber wiederkehren, hält *Brücke* für Farben dünner Blättchen, welche als ſolche durch zwei Reflectionen hervorgebracht werden, von denen die eine beim Uebergang von Licht aus der Luft in einen feſten Körper, die andere beim Uebergang von Licht aus einem feſten Körper in Luft entſteht. Auch die Schillerfarben beim Chamäleon entſtehen nach *Brücke* wie die Farben der *Newton*'ſchen Ringe; «bei dieſen iſt der Abſtand der reflectirenden Flächen ſehr ungleichmäßig, ſodaß das Mikroſkop an einer und derſelben Zelle immer mehrere Farben gleichzeitig nachweiſt. An den Taubenhalsfedern iſt dies in geringerem Grade der Fall, ſo daß eine Farbe ſtets die Hauptfarbe iſt, neben der nur hier und da andere auftreten. Für die mikroſkopiſche Unterſuchung, bei der zunächſt die Strahlen in Betracht kommen, die mit dem Einfallslothe verhältnißmäßig kleine Winkel machen, iſt die Hauptfarbe des auffallenden Lichtes bei den meiſten Zellen grün, die des durchfallenden roth».

Weit reſervirter äußert ſich *Brücke* über das Zuſtandekommen des Metallglanzes an den Pfauenfedern. Dieſe Federn «verlieren durch Benetzen ihre Schillerfarben nicht, ja ſelbſt durch Kochen in Terpentinöl werden ſie nicht zerſtört, ſondern nur in Glanz und Farbenton etwas verändert; legt man das mit dem ſog. Auge verſehene peripheriſche Ende einer ſolchen zwiſchen ſich und eine Lichtquelle horizontal auf eine Unterlage, die ſich um eine verticale Axe dreht, ſo wird man finden, daß die Farben durch alle Phaſen der Drehung dieſelben bleiben; hebt oder ſenkt man aber die Feder, dann ändern ſich die Farben ſofort; ſie ſind alſo unabhängig von der Orientirung und nur abhängig von der Incidenz. Beim Uebergange aus der ſenkrechten in die ſtreifende Incidenz verändert ſich Grün durch Blau in Purpur und andererſeits Kupferroth in Grün». *Brücke* verſuchte, dieſe Erſcheinungen ebenfalls

nach dem Princip der dünnen Blättchen zu deuten; ich muß jedoch dagegen einwenden, daß nach Entfernung des ſchwarzen Pigmentes durch Kaliumchlorat und Salzſäure die metallglänzenden Partieen der Pfauenfedern (bei ſtarken Vergrößerungen betrachtet) ſehr wohl eine feine Streifung erkennen laſſen, und ſich ihre Metallfärbung deshalb doch vielleicht nach dem Princip der irifirenden Knöpfe erklären dürfte; jedenfalls ſind die regelmäßigen Furchenſyſteme an der Oberfläche für das Entſtehen des Metallglanzes in dieſem Falle von der größten Bedeutung.

Die Betrachtung der Structurfarben und der pigmentöſen Einlagerungen umgreift die thieriſchen Färbungen insgeſammt. Fälle, wo ſich die Gewebsſubſtanz ſelbſt aus einer farbigen Maſſe aufbaut, ſind denkbar, aber kaum realiſirt. Die gelben Horngebilde, die ſchwarzen Antipathidenſtämme verdanken ſicherlich diffus vertheilten Farbſtoffen ihr Colorit, und daß keine an ſich rothe Muskeln exiſtiren, wie ſolches noch *Pouchet*[59]) annahm, ſondern nur mit Hämoglobin oder einem anderen rothen Pigmente imprägnirte, iſt heute jeder weiteren Discuſſion enthoben.

Ein guter Theil der aus Organismen in reinem Zuſtande künſtlich abgeſchiedenen Subſtanzen fällt auf die thieriſchen und pflanzlichen Pigmente; allerdings nur von wenigen derſelben iſt die chemiſche Conſtitution erforſcht und außer Frage geſtellt, und ihre Beſprechung ſchließt deshalb ein chemiſches Hand- oder Unterrichtsbuch für gewöhnlich ab. In der Phyſiologie gebührt den Pigmenten jedoch eine höhere Rangſtellung, — eben deshalb, weil nur wenige andere, ſich an dem Aufbaue der lebenden Weſen betheiligenden Stoffe einer wiſſenſchaftlichen Behandlung verhältnißmäßig ſo leicht zugängig, die Kenntnißnahme von der chemiſchen Natur der Farbſtoffe gegenwärtig durch weit mehr Mittel ermöglicht iſt als z. B. die der Eiweißkörper, ja ſelbſt der Kohlehydrate. Die ſpectralanalytiſchen Unterſuchungen mit allen ihren Feinheiten, die Reinigungsverfahren in ihrer, noch vor wenigen Jahren un-

gealnten Vollkommenheit, charakteriſtiſche Reactionen geben heutzutage unzählige Mittel an die Hand, die Pigmente mit einer Vollſtändigkeit zu iſoliren und uns von ihrem Intactſein zu überzeugen wie bei nur wenigen anderen, aus der lebendigen Werkſtatt hervorgegangenen Verbindnngen.

Vergleichen wir die Farbenphyſiologie von heute mit der weniger Jahre zuvor, ſo ſehen wir die Zahl der pflanzlichen Pigmente gegen damals erheblich vermindert, die der thieriſchen Farbſtoffe dagegen um ein Beträchtliches vermehrt. Was mit unzureichenden Mitteln unterſucht, ſich als zahlreich ergeben haben ſollte, wurde auf ein Minimum reducirt, und man begreift nicht mehr, wie *Hoppe-Seyler* noch im Jahre 1881 den vierten Theil ſeiner phyſiologiſchen Chemie mit dem Satze eröffnen konnte: «Die große Mannigfaltigkeit und der Reichthum an verſchiedenen chemiſchen Producten, welche in den Lebensproceſſen der Pflanzen entſtehen, finden in den Thieren nicht ihresgleichen». Ein kaum mehr als zehn Thiere umfaſſendes Wiſſen ſtellt hier *Hoppe-Seyler* der jahrhundertelangen Erfahrung gegenüber, welche z. Th. ſchon ſeit der Zeit des *Theophraſt* oder *Dioscorides* datirt und jetzt Tauſende von Vertretern des Pflanzenreiches umfaßt. Wie kann es darum nur wunderbar erſcheinen, daß gegenwärtig mehr Stoffe pflanzlicher als thieriſcher Herkunft bekannt ſind, und wie nur Jemand ſich erkühnen, dieſes zu einem Axiom zu geſtalten, welches auf ſeine Richtigkeit zu prüfen, vor mir noch keiner ernſtlich gewillt war. Das Folgende, bei welchem wir rein ſyſtematiſch vorgehen wollen, wird uns eine Anſchauung davon zu geben vermögen, was in der Bildung von Pigmenten, der am beſten charakteriſirten Stoffwechſelproducte alſo, auch der Thierkörper zu leiſten vermag, und daß dieſer in ſeinem productiven Können hierin keineswegs dem pflanzlichen Organismus nachſteht.

Indem wir, ſoweit es eben der gegenwärtige Stand unſerer Kenntniſſe geſtattet, die Urſachen der Färbung bei ausgewählten

Repräſentanten der einzelnen Thierclaſſen jetzt kurz erläutern wollen, übergehen wir dabei die durch das Hämoglobin veranlaßten Pigmentationen, weil dieſe ſchon in meinem erſten Vortrage Berückſichtigung fanden, und berühren auch die lipochromatiſchen und chlorophylloïden Farbſtoffe nur in den Fällen, wo dieſelben zu weiteren Betrachtungen Veranlaſſung geben; Lipochrome finden ſich mit ſehr geringen Ausnahmen in der Thierreihe überall vor, und über die chlorophylloïden Farbſtoffe läßt ſich, wie ich bereits bemerkte, erſt wenig Beſtimmtes ausſagen, weil man bis vor Kurzem das Verhalten des pflanzlichen Chlorophylls nicht einmal kannte, und um über das Vorkommen des Chlorophylls ſchlüſſig zu werden, eine Unterſuchung nach *Kühne*'s Verſeifungsmethode unumgänglich nöthig, ſolche aber bislang nur von mir in vereinzelten Fällen an Farbſtofflöſungen von Wirbelloſen ausgeführt worden iſt.

Farbſtoffe der Protozoën.

Den auf niedrigſter Stufe der Organiſation ſtehenden Lebeweſen[60]), den Schizomyceten und Myxomyceten, ſcheinen die Lipochrome noch zu mangeln; ganz andersartige blaue, rothe und gelbe Pigmente treten hier in Wirkſamkeit, über welche Repräſentanten höherſtehender Thierclaſſen gar nicht mehr verfügen. Wie ich gleichfalls ſchon in meinem erſten Vortrage hervorhob, ſtoßen wir bei dieſen Formen, beſonders in Betreff der blauen Pigmente, auf Differenzen, deren genauere Kenntniß für eine allgemeine Biologie ſehr werthvoll ſein müßte. Den von ſehr verſchiedenartig geſchulten und intereſſirten Forſchern gemachten Angaben läßt ſich wenigſtens ſchon jetzt ſoviel entnehmen, daß *Fordos*' und *Lücke*'s Farbſtoff des blauen Eiters ſowohl von *Erdmann*'s blauem Vibrionenpigmente, wie auch von *Nedden*'s Farbſtoffe der blauen Milch chemiſch erheblich abweicht. Doch ſchon bei den Flagellaten addiren ſich einem, dem Chlorophyllgrün ähnlichen Farbſtoffe chlorophan- wie rhodophanartige Lipochrome hinzu.

Durch die Güte des Herrn Geheimerath *Kühne* bin ich in der Lage, Ihnen in dieſer Hinſicht ſtatt weitläufiger Referate das Er-

gebniß einer vollſtändigen Farbſtoffanalyſe mitzutheilen. Meine Unterſuchung betrifft einen alkoholiſchen Auszug von Euglena sanguinea, welchen Herr Profeſſor *Bütſchli* angefertigt hatte. Derſelbe wurde nach *Kühne*'s Methode verſeift und bei dem nachherigen Behandeln der Seife mit Petroläther, Aether und Eſſigäther 1) ein gelber, chlorophanartiger Farbſtoff erhalten, der auch ohne vorheriges Ausſalzen der Seife mit Kochſalz vollſtändig in Petroläther überging, 2) ein ſpectroſkopiſch als Rhodophan charakteriſirter Körper, aus der Seife direct nur durch Eſſigäther zu extrahiren, mit ſchön purpurvioletter Farbe in Schwefelkohlenſtoff löslich, und 3) ein gelbgrünes Pigment, welches ſich weder mit Petroläther noch Aether der wäſſrigen Flüſſigkeit entziehen ließ, in welche es nach dem Ausſalzen der Seife übergegangen war. Das Spectrum dieſer Löſung zeigte zwei Abſorptionsſtreifen (einen hinter C, den anderen hinter D), was ebenſo wie das chemiſche Verhalten auf ein Zerſetzungsproduct von Chlorophyllgrün hinweiſt. Ein ſicherer Anhaltspunkt für dieſe Muthmaßung wird vorausſichtlich aber nur an Euglena viridis zu gewinnen ſein, über deren Farbſtoff die vom Fürſten *Salm-Horſtmar* mitgetheilten Reactionen allein nichts ſchließen laſſen. Daß in Euglena sanguinea ein an verſeifbares Fett gebundener rother Farbſtoff vorkommt, hatte ſchon *v. Wittich* bemerkt und dieſen von dem begleitenden chlorophylloïden Körper auch zu trennen vermocht; doch die beiden lipochromatiſchen Farbſtoffe blieben in ſeinen Löſungen vereinigt, und es iſt deshalb auch unmöglich anzugeben, ob die granatrothen, durch Chlor nur die Farbe verlierenden, nicht die Form verändernden Octaëder, welche er erzielte, auf das chlorophan-, rhodophanartige Pigment, das choleſtearinähnliche Zerſetzungsproduct beider oder vielleicht nur auf anderweitige Verunreinigungen der Farbſtoffe zu beziehen ſind.

Hanſen und ich haben uns wiederholt bemüht, rhodophanartige Farbſtoffe auch im Pflanzenreiche nachzuweiſen; es iſt uns aber bislang nicht gelungen. Wir können zwar nicht behaupten,

auch nur einen nennenswerthen Theil der vegetabiliſchen Gebilde in Unterſuchung gezogen zu haben, bei welchen der Augenſchein die Anweſenheit von Rhodophanen wahrſcheinlich macht; allein die von uns getroffene Auswahl dürfte eine ſolche geweſen ſein, daß unſer negatives Reſultat wenigſtens den Schluß erlaubt, daß rhodophanartige Lipochrome im Pflanzenreiche außerordentliche Seltenheiten ſind, wodurch natürlich nicht ausgeſchloſſen bleibt, daß ſie hier ganz fehlen. Die gewöhnlichen rothen Blüthen-, Blätter-, Frucht- und Stengelfarbſtoffe ſind, wie wir gezeigt haben, überhaupt keine Lipochrome, und was von rothen, pflanzlichen Lipochromen (z. B. das Carotin, die Saffranfarbſtoffe) bislang unterſucht wurde, ergab ſich ſpectroſkopiſch immer als der Chlorophangruppe angehörig. In den rothen Augenpunkten der Flagellaten präſentirt ſich uns, ſoviel wir wiſſen, das Rhodophan zum erſten Male; durch alle Claſſen des Thierreiches, bei der einen Species fehlend, bei einer andern um ſo reicher entwickelt, wird es uns von jetzt ab bis zu den Vögeln hinbegleiten, in deren Retina es am längſten beharrt; denn iſt das Rhodophan bei den höher organiſirten Wirbelthieren erſt aus dem Sehorgan verſchwunden, dann hat der Organismus ſeiner auch ſo gut wie ganz entſagt.

Den Stand unſerer Kenntniſſe über die Farbſtoffe der Rhizopoden reſumirt *Bütſchli* in folgenden Sätzen: «Bei marinen Rhizopoden ſind namentlich die feinkörnigen, intenſiv rothen bis gelblichrothen und gelbbraunen Pigmente ſehr verbreitet und verleihen durch ihre reichliche Anhäufung dieſen Formen meiſt eine mehr oder minder intenſive Färbung. Beſonders reichlich ſind ſie in den älteren Kammern der Polythalamen angehäuft. Die genauere Unterſuchung dieſes Farbſtoffes ſowie der Farbſtoffbläschen bei Polystomella und Gromia durch *M. Schultze* (Ueber den Organismus der Polythalamien nebſt Bemerkungen über die Rhizopoden im Allgemeinen. Leipzig 1854) ergab, daß es ſich hier um einen dem Diatomin entſprechenden Körper handelt, und leitet ihn von der vorzugsweiſe aus

Diatomeen beſtehenden Nahrung her. Die Richtigkeit dieſer Auffaſſung ergab ſich auch noch daraus, daß ſich in hungernden Polystomellen der Farbſtoff ſehr verminderte, wogegen reichliche Fütterung ihn bald wieder vermehrte. Auch Süßwaſſerformen weiſen nicht ſelten ähnliche Pigmente auf. So findet ſich ein ähnliches diatominartiges Pigment häufig bei Pseudochlamis patella, ein tief violettes bei Amphizonella violacea *Greeff*. Ein zinnoberrothes, zuweilen in's Braunrothe und Grünliche gehendes iſt charakteriſtiſch für Plakopus ruber *F. E. Schulze* und ſoll wahrſcheinlich aus dem Chlorophyll der Nahrung hervorgehen, wie ja ähnliche Umwandlungen gefreſſener Chlorophyllmaſſen zu gelben bis braungelben Maſſen z. B. auch von *Auerbach* (Zeitſchr. für wiſſenſch. Zoologie. Bd. VII) bei Cochliopodium bilimbosum beobachtet wurden. Chlorophyll ſelbſt, als endogenes Erzeugniß des Rhizopodenkörpers, iſt mit Sicherheit kaum bekannt, es ſcheint ſich hier faſt durchaus um als Nahrung aufgenommenes Chlorophyll zu handeln. Doch iſt eine der beſchriebenen Varietäten der Dactylosphaera vitreum *H.* u. *L.* mit grünen Körnern reichlich gefüllt, während die andere Varietät ähnliche gelbe Körper zeigt. Zahlreiche Chlorophyllkörner enthalten auch eine Art oder Varietät von Cochliopodium, ſowie ſehr häufig auch die Difflugien (*Carter*, Ann. and mag. of nat. hist. 3 Ser. Bd. XIII)».

Ich vermag dem nichts Genaueres oder Beſtimmteres hinzuzufügen, und auch in Betreff der Infuſorien iſt nichts Wichtigeres zu verzeichnen. Nur mit dem blauen Farbſtoffe aus Stentor caeruleus wurden von *Ray-Lankeſter* einige Verſuche angeſtellt, welche Folgendes ergaben: Das Spectrum des blauen Stentorins zeigt zwei Abſorptionsbänder, ein dunkleres an der rothen Seite von C und ein ſchwächeres zwiſchen D und E. Der Farbſtoff wird von Eſſig-, Salz- und Schwefelſäure nicht angegriffen, Kalilauge macht ihn dunkler, löſcht das Band im Spectrum zwiſchen D und E aus und läßt das andere, jetzt etwas nach B verſchobene Band

ſtärker hervortreten. — Im Ectoplasma von Vorticellen fand *Engelmann* einen grünen Farbſtoff (Chlorophyll?) diffus vertheilt, der die Thiere befähigt im Lichte Sauerſtoff auszuſcheiden und ein eigenes Erzeugniß des Vorticellenkörpers zu ſein verſpricht.

Farbſtoffe der Cölenteraten.

Unter den Cölenteraten[61]) findet ſich ſchon bei den Spongien eine reichhaltige Pigmentirung. Verſchiedenartigen gelben und rhodophanartigen Lipochromen verdankt eine große Anzahl von Schwämmen (Suberitiden, Myxilla, Clathria etc.) ausſchließlich ihre, oft ſehr intenſive Färbung, welche, je nachdem chlorophan- oder rhodophanartige Pigmente in den Geweben vorherrſchen, gelb, orange oder ſatt roth erſcheint; bei keiner einzigen, daraufhin unterſuchten Salzwaſſerſpongie wurden Lipochrome ganz vermißt. Bei Aplyſiniden geſellt ſich den Fettfarbſtoffen ein gelbes Uranidin hinzu, und auch die Schwärzungen vieler Cacoſpongien beruhen wohl ebenſo wie die Verfärbung, welche das alkoholiſche Extract von Hircinia spinosula bei der Verſeifung erfährt, auf der Bildung melanotiſcher Zerſetzungsproducte von Uranidinen. Ein ſchwärzliches Pigment maskirt einen gelben Fettfarbſtoff bei den Gummineen (Chondrosia), und bei einigen Reniëraſpecies werden die Lipochrome durch Floridine völlig unſichtbar gemacht, während z. B. bei Reniëra aquaeductus auch ſie es ſind, welche die Färbung dieſer Spongie ausſchließlich bedingen und zwiſchen gelb, orange und roth variiren laſſen.

Die rothen Floridine der Reniëren und der Hircinia variabilis zeigen in ihrem chemiſchen Verhalten manche Uebereinſtimmung mit rothen pflanzlichen Blüthen- und Fruchtfarbſtoffen, auch wohl mit rothen Algenpigmenten. Sie löſen ſich nur in Waſſer und Glycerin (bisweilen mit prächtiger Fluorescenz), und ihre Löſungen entfärben ſich meiſt leicht unter Sauerſtoffabgabe, ohne aber einer Rückverwandlung bei Sauerſtoffzufuhr unzugängig zu werden. Ich habe früher mehrere Gründe geltend gemacht, welche mich beſtimmen, dieſe Pigmente als thiereigene Producte

zu betrachten, und halte daran um ſo mehr feſt, als das Hämerythrin in den hämolymphatiſchen Körperchen der Sipunculiden den Floridinen nicht fern zu ſtehen ſcheint, und jenem analog functionirende Pigmente bei Pflanzen zur Zeit noch unbekannt, bei Thieren hingegen weit verbreitet ſind. Ob den einzelnen, ſpectroſkopiſch gut gekennzeichneten Floridinen, ſpeciell dem kirſchrothen Farbſtoffe der Reniëra purpurea ſich auch das von *Moſeley* unterſuchte Roth von Poliopogon Amadou anſchließen wird, läßt ſich den Angaben dieſes Forſchers nicht entnehmen.

Bei Protozoën wie Spongien erlaubt — abgeſehen von den quantitativ differirenden Färbungen zwiſchen Rinden- und Markſubſtanz (z. B. bei Steletta, Chondrosia, Tethya) — außer der Farbſtoffanalyſe nur eine mikroſkopiſche Prüfung die Sonderung einzelner, verſchieden localiſirter Pigmente. Bei den Anthozoën tritt das ungleichartige Colorit einzelner Theile aber ſchon in ſo hohem Maße hervor, daß hier eine anatomiſche Trennung der ſtark und verſchieden tingirten Organe einer nachfolgenden Farbſtoffanalyſe weſentliche Dienſte leiſten kann; von dieſem Vortheile haben allerdings nur wenige Forſcher Gebrauch gemacht und wie bei den Protiſten und Spongien auch bei den Actinien noch die geſammten Thiere der Extraction unterworfen.

Bei den Alcyonarien ſind es bald verkalkte Axenſkelete (Coralinen, Milithaeaceen), bald die das Axenſkelet überziehende, aus Körpern des Cönenchyms gebildete Kalkrinde (Gorgoniden), bald die Einzelthiere allein (Alcyoniden, Pennatuliden), welche durch eine ſtärkere Pigmentirung hervorſtechen.

Schon *Trommsdorff* gab an, daß bei der Edelcoralle das feurige Roth nicht, wie viele vor und nach ihm angegeben haben, auf Eiſenoxyd, ſondern auf der Gegenwart eines in Terpentinöl, und wenn es dadurch aus der Kalkmaſſe erſt einmal ausgezogen iſt, auch in Alkohol und Aether, nicht aber in Kali löslichen Harzes beruhe. Meine diesbezüglichen Unterſuchungen haben er-

geben, daß *Trommsdorff*'s Anſicht inſofern eine richtige iſt, als der die Färbung bedingende Körper ein ſog. Fettfarbſtoff iſt, der mit den Lipochromen das Verhalten zu conc. Schwefelſäure und ſtarker Salpeterſäure theilt, ſich aber von dieſen durch ſeine Reſiſtenz den lipochromatiſchen Löſungsmitteln gegenüber und durch das uncharakteriſtiſche Spectralverhalten dieſer Löſungen unterſcheidet. Ich ſtelle denſelben deshalb zu den Lipochromoïden, denen auch die gelben und rothen Pigmente im Axenſkelete der Melithaeen ſowie die dunkelvioletten in der Rindenſchicht der Leptogorgien und die gelben, orangenen und rothen Rindenfarbſtoffe anderer Gorgoniden zuzurechnen ſind. Sämmtliche hier namhaft gemachten Pigmente färben ſich mit conc. Schwefelſäure wie mit conc. Salpeterſäure blau, und daß ſie auch als Lipochrome einſtmals vorgebildet waren, ſcheinen die Spuren von letzteren anzudeuten, welche man ziemlich regelmäßig findet, wenn man friſche Gebilde unterſucht. Es iſt ſehr merkwürdig, daß die Lipochrome nur ganz beſtimmter Vorkommniſſe (in pflanzlichen Gebilden, ſo viele ich deren auch unterſuchte, nur in den Blüthenblättern einiger Compoſiten, in Federn nur [aber hier bei faſt allen Species] bei Papageien und außerdem noch in den Schalen der Mollusken) zu einer Umwandlung in dieſe unlöslichen und ſpectroſkopiſch ſchlecht markirten Producte (Lipochromoïde und Melanoïde) incliniren. Die Meinung, daß es ſich bei den Lipochromoïden vielleicht nur um Gemiſche von andersartigen Farbſtoffen mit Lipochromen handelt, iſt endgültig dadurch widerlegt, daß ich auch nach gründlicher Extraction der entkalkten und durch Pepſin wie Trypſin angedauten Gewebe mit den verſchiedenartigſten lipochromatiſchen Löſungsmitteln an den gefärbten Rückſtänden noch immer die Schwefel- wie Salpeterſäurereaction erhielt. Am überraſchendſten war für mich dieſes Reſultat bei dem violetten Gorgonidenfarbſtoffe, aber auch für dieſen dürfte ſich das Räthſel löſen, wenn man darauf ausgehen wird, die *Vauquelin*'ſche Angabe[62]) näher zu verfolgen,

der gemäß bei einer rothen Madrepore ein durch Alkali violett werdendes rothes Pigment aufgefunden wurde. Der Analyſe von *Witting*[63]), welche für die käuflichen rothen Corallen einen Gehalt von 4,25 % Eiſenoxyd angibt (über viermal mehr, als *Vogel*[64]) fand), werden erhebliche Fehlerquellen anhaften; zweifellos iſt das Eiſen bei der Färbung der rothen Edelcoralle weder direct noch indirect (als Beſtandtheil des rothen Lipochromoïds, wie z. B. *Schloßberger* vermuthete) irgendwie betheiligt; denn in ſtark rothen Exemplaren traf ich nur ſo minimale Mengen von Eiſen an, daß eine quantitative Beſtimmung derſelben gar nicht auszuführen war.

Die weichen, von zahlreichen Ernährungskanälen durchzogenen Achſencylinder der Melithaea ochracea und verwandter Species zeigen bald eine gleichmäßige zinnoberrothe oder ockergelbe, bald außen eine rothe und innen eine gelbe oder aber außen eine gelbe und innen eine rothe Färbung. Nur inſofern ſcheint bei dieſer Pigmentirung eine Uebereinſtimmung zu herrſchen, als ſehr ſtarke alte Stöcke gewöhnlich gelb ſind. Dieſe Farbenverſchiedenheiten laſſen ſich nur durch die Annahme erklären, daß zwei Lipochromoïde (ein rothes und ein gelbes) in dem Achſenſkelete der Melithaea vorkommen, von welchen das rothe, ſei es durch Zerſetzung oder daß es ſtellenweiſe überhaupt nicht abgelagert wird, bisweilen ausfällt.[65])

Den blauen Farbſtoff von Heliopora caerulea unterſuchte *Moſeley*, und bei mehreren Zoantharien (Flabellum variabile, Fungia hymmetrica, Stephanophyllia formosissima etc.) wie auch bei einer Cassiopeia der Tieffee fand derſelbe ein in Waſſer, Glycerin, Alkohol und Aether wie auch in ſtarkem Ammoniak und Kalilauge unlösliches krapprothes Pigment, welches aber nach Behandlung mit ſtarker Salz-, Salpeter- oder Schwefelſäure rothbraun gefärbte wäſſrige wie alkoholiſche Löſungen lieferte, die bei gewiſſen Lichtſtellungen grün erſchienen, alſo dichroïtiſch waren. Das Spectrum des genuinen feſten Farbſtoffes beſaß drei

Abſorptionsbänder von ziemlich gleicher Stärke; eins hinter C, ein zweites unmittelbar vor D und ein drittes vor E. Die Spectren der ſauren Löſungen wieſen dagegen nur zwei Bänder auf, das eine dicht vor D und das andere zwiſchen D und E, näher an D; letzteres verbreiterte ſich bei zunehmender Concentration beſonders nach E hin. Dieſen Farbſtoff nannte *Moſeley* Polyperythrin; es ſoll derſelbe durch Alkalien aus den ſauren Löſungen in dunkelbraunen Flocken niedergeſchlagen werden und ſich dann ſpectroſkopiſch wieder wie der natürliche Farbſtoff verhalten. Indem ich in Betreff der unzureichenden Beobachtungen *Moſeley*'s über die Farbſtoffe einer Adamsia der Tieffee und einer Coenopsammia von St. Vincent auf das Original ſelbſt verweiſe, ſei noch der Unterſuchungen dieſes Forſchers über das Actiniochrom gedacht. Es iſt dieſes der dunkelrothe Farbſtoff von Bunodes crassicornis, den *Mac Munn* auch bei Actinia mesembryanthemum, Uraster rubens und in der Hypodermis von Homarus vulgaris angetroffen haben will. Ein Löſungsmittel für das Actiniochrom wurde nicht gefunden; es zeigt dasſelbe aber ein charakteriſtiſches Spectralband, ähnlich ſituirt wie das des reducirten Hämoglobins. Das Purpuridin des Cerianthus membranaceus löſt ſich in ammoniakaliſirten, kaum in ſaurem Waſſer und iſt in den lipochromatiſchen Löſungsmitteln ganz unlöslich; ſein ſpectroſkopiſches Verhalten zeigt nichts, was zu ſeiner Erkennung beitragen könnte.

Aus Anthea Cereus var. smaragdina extrahiren ſich durch Alkohol mehrere Pigmente, von denen mindeſtens das Eine ausnehmend raſch Veränderungen unterliegt, welche an der, zwar ſehr unregelmäßigen Verlagerung der Abſorptionsbänder ſpectroſkopiſch leicht zu verfolgen ſind. Im ſchroffen Gegenſatze zu den wechſelvollen ſpectroſkopiſchen Bildern, welche die Auszüge der Tentakeln oder der ganzen Anthoen darbieten, ſteht das ſpectroſkopiſch übereinſtimmende Verhalten der alkoholiſchen Extracte, welche aus den Entodermgebilden des Anthoakörpers nach Abtrennung der Tenta-

keln gewonnen werden, und welches auf die Farbſtoffe der ſog. gelben Zellen zu beziehen ſein wird.

Ueber die blauen, in Waſſer löslichen, in den lipochromatiſchen Löſungsmitteln aber unlöslichen Farbſtoffe der Meduſen lauten die Angaben der einzelnen Unterſucher ſo übereinſtimmend, daß anzunehmen iſt, es handle ſich ſowohl bei Velella wie auch bei Rhizostoma, Aurelia und Cyanea um den gleichen Farbſtoff, um Cyaneïn. Entgegen der Angabe *de Negri*'s wird zweifellos auch der blaue Farbſtoff der Velella ein Bandenſpectrum zeigen und die meine Beobachtungen bemeiſternden und davon abweichenden Angaben *R. Blanchard*'s beruhen nur darauf, daß dieſer, der deutſchen Sprache nicht hinreichend mächtig, meine Abhandlung ſtellenweiſe nicht verſtanden und die Reagentien in einer andern Concentration als ich angewendet hat. Der gelbbraune Farbſtoff der Chrysaora ſoll nach *Merejkowsky* in Waſſer (vorzugsweiſe in ſiedendem) gleichfalls löslich ſein, das Spectrum desſelben nach *Mac Kendrick* aber keine Abſorptionsbänder aufweiſen.

Farbſtoffe der Echinodermen.

Von den Epidermoïdalpigmenten der Echinodermen[66]) wurden unterſucht das Comatulin (der rothe Farbſtoff der Comatula mediterranea), das Antedonin, das purpurfarbene und das rothe Pentacrinin (Pigmente von Pentacrinusformen der Tiefſee), die Farbſtoffe in der Haut von Holothuria Poli, verſchiedener Aſteriden und der kalkreichen Schalen und Stacheln von Echiniden.

Das Comatulin iſt ein, in verdünntem Alkohol wie in Waſſer leicht löslicher Körper, der aber von abſolutem Alkohol, Aether, Chloroform nicht aufgenommen wird; am Lichte verwandelt es ſich in braune und gelbe Materien, welche ſich im Uebrigen von ihm wenig unterſcheiden und in den gleichſinnig gefärbten Comatulavarietäten natürlich vorzukommen ſcheinen. Als Antedonin wurde von *Moſeley* der Farbſtoff einer dunkelpurpurfarbenen Antedonſpecies beſchrieben, deſſen alkoholiſche Löſung drei Abſorptionsbänder (zwei dunkele zwiſchen D und E, ein ſchwächeres vor F)

im Spectrum aufweiſt, während reine Comatulinlöſungen ſtreifenfreie Spectren zeigen. Auf Salzſäurezuſatz ſchlägt die rothe Farbe der alkoholiſchen Antedoninlöſung in Orange um, und das Spectrum zeigt dann nur zwei ſcharfe Bänder (vor E und hinter b) und bei geeigneter Concentration außerdem einen weniger deutlichen Streifen dicht vor F. Beim Alkaliſiren fällt der Farbſtoff in purpurfarbigen Flocken aus der alkoholiſchen Löſung nieder; dieſem ſind zwei breite Bänder im Spectrum (eines vor D und ein zweites genau in der Mitte zwiſchen D und E) eigenthümlich. Das Antedonin traf *Moſeley* auch bei einer Tiefſeeholothurie des ſüdlichen indiſchen Oceans an.

Das Spectrum der Löſung von *Moſeley*'s purpurfarbenen Pentacrinin in ſchwach angeſäuertem Alkohol zeigt drei Abſorptionsbänder, von denen die erſten beiden ſehr ähnlich gelagert und unter einander ebenſo verſchieden an Stärke wie die Turacinbänder ſind, das dritte ſchwächer iſt und zwiſchen b und F liegt; letzteres Band gehört wahrſcheinlich einem Rhodophane (*Moſeley*'s Red Pentacrinin) an, da dasſelbe ſeine Lage nicht ändert, wenn auf Zuſatz von Alkalien, welche die Flüſſigkeit blaugrün und roth fluoreſcirend machen, die beiden anderen verſchwinden und ein neuer Streifen zwiſchen a und B erſcheint. Durch abwechſelnden Säure- und Alkalizuſatz läßt ſich der Farbenwechſel an der alkoholiſchen Löſung eine beliebige Anzahl von Malen repetiren, und *Moſeley* iſt der Anſicht, daß die weißen, gelben und orangenen Pentacrinusſpecies von den Ke-Islands, Panglao und den Signijor-Islands, welche Alkohol ſaftgrün färben und erſt auf Säurezuſatz Pentacrinin frei werden laſſen, die alkaliſche Modification dieſes Pigmentes enthalten. Dieſer Deutung dürften die von mir klar gelegten Verhältniſſe bei den Echinometriden ſehr günſtig ſein.

In den dicken und großen Stacheln der Acrocladien[67]) finden ſich meiſt zwei Pigmente, ein blauviolettes und ein rothes. Waſſer wie Alkohol, denen eine ſtärkere Säure zugeſetzt wurde,

löſen beide Farbſtoffe mit intenſiver Chamoisfärbung auf, und nach Entfernung der freien Säure durch Dialyſe oder durch Alkalizuſatz fällt ſämmtlicher Farbſtoff in blauvioletten, nur minimale Spuren von Eiſen enthaltenden Flocken aus. Es kann kein Zweifel darüber beſtehen, daß die Acrocladien bald die ſaure rothe Modification dieſes Pigmentes, bald dagegen die neutrale oder alkaliſche violette führen. Auch Kupfervitriol wie Gerbſäure fällen den Farbſtoff aus der ſauren Löſung, nicht aber Sublimat oder Alaun; Eiſenchlorid bewirkt keine Reaction, conc. Salpeterſäure bräunt nur die trockene Farbſtoffſubſtanz und conc. Schwefelſäure färbt ſich damit prachtvoll kirſchroth. Letztere Löſung, welche ſich wochenlang unverändert hält, zeigt, ſpectroſkopiſch unterſucht, drei Abſorptionsbänder (eins hinter D, ein zweites um E und ein drittes vor F), während die Spectren der ſauren alkoholiſchen und wäſſrigen Löſung keine deutliche Streifen darbieten. Das Echinorubin und Echinin von *Merejkowsky* können aus allem Denkbaren beſtehen; ihr Entdecker vermochte ſie durch keine Reaction irgendwie ſcharf zu charakteriſiren. Das Hoplacanthinin *Moſeley*'s, ein dunkelrothes, friſch in Alkohol lösliches, ſich darin nach ca. 12 Stunden aber wieder ausſcheidendes Pigment aus einer unbeſtimmten Hoplacanthusart dürfte, ſeinem Spectralverhalten nach zu urtheilen, ein Lipochrom oder ein lipochromatiſches Gemiſch ſein.

Durch das bei Holothurien weit verbreitete braune Pigment wird in der Haut von Holothuria Poli ein Farbſtoff verdeckt, der ſich in Alkohol, Waſſer und Glycerin mit gelber Farbe und grüner Fluorescenz leicht auflöſt. Dieſer Uranidin genannte Farbſtoffkörper iſt gerade deshalb von großem Intereſſe, weil er ſich in unreinen Gewebsauszügen ſehr raſch zerſetzt, in reiner alkoholiſcher Löſung aber ſehr beſtändig, weder licht- noch wärmeempfindlich zu nennen iſt. Die Unterſuchung dieſes Farbſtoffes hat die Kenntniß von den Uranidinen außerordentlich gefördert, und ich bedaure nur, an dieſer Stelle nicht ausführlicher auf ihn eingehen zu

können; die für ſeine melanotiſche Verfärbung maßgebenden Factoren ſind in der Tabelle auf S. 98 mitberückſichtigt worden.

Bei vielen Aſteriden iſt die äußere gelbe, orangene oder rothe Färbung eine rein lipochromatiſche. Bei Aſtropecten aurantiacus habe ich das Farbſtoffgemiſch der kalkigen Decke nach *Kühne*'s Methode analyſirt; ein chlorophanartiges Pigment (Orangin) wurde dabei der ausgeſalzenen Seife durch Petroläther und Äther, ein Rhodophan derſelben vollſtändiger erſt durch Eſſigäther entzogen. Neben den Lipochromen wurde von mir in dem Aſtropectenpanzer ein eigenthümlich blauer Farbſtoff (Aſterocyanin) angetroffen, der in Waſſer mit tief blauvioletter Farbe löslich iſt, deſſen Spectrum zwei Abſorptionsbänder (zwiſchen C und D wie hinter D) zeigt, und der durch Erwärmen auf 80° *C.* durch Alkohol wie Natronlauge in eine rothe Subſtanz verwandelt, durch Ammoniak wie Salzſäure aber nicht verändert wird. Bei Uraſter fand ferner *Mac Munn* ein, nach eintägiger Digeſtion mit Natronlauge ſich in dieſer mit braunrother, in Alkohol mit gelber Farbe löſendes Pigment, deſſen alkoholiſche Löſung ſich bei alkaliſcher und ſaurer Reaction wie Hämatoporphyrin verhielt.

In der Perivisceralflüſſigkeit, der Schale und den Ovarien von Echinus (esculentus?) ſoll ſich nach *Mac Munn* ein anderer brauner Farbſtoff (Echinochrom) finden, der ſich durch ein breites Band vor E auszeichnet; in der Perivisceralflüſſigkeit iſt derſelbe gelöſt, und auf Zuſatz von Schwefelammonium ſoll das Abſorptionsband noch deutlicher hervortreten. Zumal auf Zuſatz dieſes Reagens in der Flüſſigkeit ein Niederſchlag entſteht, vermag ich der Anſicht dieſes Forſchers nicht beizuſtimmen, daß hierdurch ein Reductionsproduct geſchaffen wird, ſondern halte es für wahrſcheinlicher, daß durch das Schwefelammonium Verunreinigungen entfernt werden und in Folge deſſen das Band bei einer ſtärkeren Schichtendicke als in der anfänglichen Löſung noch zu ſehen iſt und deshalb auch vertiefter erſcheinen kann. Der Verſuch *Mac*

Munn's ist also nicht geeignet, die Ansicht von *Geddes* experimentell zu stützen, daß es sich bei den amöboïden, acajoubraunen hämolymphatischen Körperchen der Echiniden und einiger Holothuriden um einen Respirationsstoff handelt, der im desoxydirten Zustande grün gefärbt ist.

Im Inhalte des Wassergefäßsystemes gewisser Holothurienformen (z. B. Cucumaria doliolum) findet man nicht selten einen roth gefärbten Bodensatz, dessen Färbung von einem Pigmente herrührt, das dem Helicorubin in mancher Beziehung gleicht; eine derartige Substanz wurde vielleicht auch von *Foettinger* bei Ophiactis virens gesehen und ohne jeden triftigen Grund für Hämoglobin erklärt.

Die Leberpigmente der Asteriden erinnern sehr an die vieler Arthropoden und Mollusken; sie bestehen in Lipochromen oder in einem durch Alkohol leicht lösbaren Farbstoffe, einem sog. Hepatochrome, das durch siedende Natronlauge zersetzt wird und dessen Spectrum ein Absorptionsband nahe der C-Linie aufweist. Der Darm einiger Seeigel (z. B. Sphaerechinus granularis) führt reichliche Mengen chlorophanartiger Lipochrome, und die rothen Ovarien von Holothuria Poli färbt ein ziemlich reines Rhodophan.

Farbstoffe der Ascidien.

Unter den Ascidien[68]) herrscht eine große Farbenmannigfaltigkeit. Man trifft oft an ein und demselben Fundorte blaue, violette, gelbe, gelbgrüne, orangefarbige, schwarze, gelb- und rothbraune Species. Der violette Farbstoff der mittelländischen Botryllusarten scheint nur im festen Zustande als solcher bestehen zu können, da denselben alle als Lösungsmittel auf ihn einwirkenden Reagentien bräunlich färben, Säuren das Violett aber regeneriren. Bei den zwischen gelb und roth variirenden Cynthien und Didemnen sind es meist Lipochrome (Chlorophane und Rhodophane), welche die Färbungen bedingen; bei einigen Ascidien (z. B. bei Ascidia fumigata und A. mentula) ist es ein gelbes Uranidin, das die Lymphe wie die inneren Organe bei Berührung mit der

Luft dunkelbraun werden läßt (vgl. Tabelle auf S. 98), und von dem das Pigment in den ſchwarzen Mantelſtellen der Ascidia fumigata vielleicht nur ein Umwandlungsproduct darſtellt.

Farbſtoffe der Bryozoën.

Von Bryozoën[69]) wurde nur Bugula neritina einer eingehenderen Farbſtoffanalyſe unterworfen. In dieſer Bryozoë ſind mindeſtens zwei verſchiedene Farbſtoffe vorhanden: Einer (Bugulapurpur), welcher ſich mit roſa oder purpurrother Farbe in Glycerin und Waſſer löſt (vgl. Tabelle auf S. 98) und ein (chlorophanartiges Pigment) oder mehrere (Hepatochrom etc.) andere, welche in Glycerin, Waſſer und Benzol wenig oder unlöslich ſind, dagegen in Alkohol, Chloroform, Schwefelkohlenſtoff, Terpentinöl etc. mehr oder weniger leicht übergehen und dieſe Flüſſigkeiten alsdann gelbgrün, gelb oder bräunlich färben.

Farbſtoffe der Würmer.

Die Hautfärbungen bei den Würmern[70]) ſind gewöhnlich keine ſehr hervorſtechende. Die Epidermis iſt bei vielen durchſichtig (iriſirt auch wohl in Folge ihrer feinen Canellirung), und die bisweilen kräftigen Färbungen innerlich gelagerter Organe ſind alsdann durch die Haut hindurch ſichtbar. Bei einigen Arten, wo die Hautpigmentirung eine intenſivere iſt (z. B. bei Hirudo medicinalis [cf. S. 100], Spirographis Spallanzanii), hat man die derſelben zu Grunde liegenden Farbſtoffe zu extrahiren und durch Reactionen zu charakteriſiren verſucht; wichtigere Aufſchlüſſe ſind durch dieſe Beſtrebungen jedoch nicht erreicht.

Bei Paramatta in New South Wales beobachtete *Moſeley* zwei große Rynchodemusſpecies, von denen die eine blau, die andere roth war. Das blaue Pigment der erſteren Art war in Alkohol unlöslich, wurde durch Säuren roth und durch Alkalien abermals blau, während der rothe Farbſtoff der zweiten Art nicht in einen blauen Körper zu verwandeln war und wahrſcheinlich ein rhodophanartiges Pigment geweſen iſt. Bemerkenswerth iſt von den Hautfarbſtoffen bei den Würmern eigentlich nur das grüne Pigment der Bonellia viridis, welches lange für echtes Chlorophyll-

halb wir zuerſt die Inſecten betrachten und die Cruſtaceen den Mollusken direct vorausgehen laſſen.

Farbſtoffe der Insecten.

Die gelben bis rothen Farbſtoffe in den Calyptren der Coccionellen, wahrſcheinlich auch die mehrerer anderen roth gefärbten Käfer (Elateriden, Cerambyx Köhleri u. ſ. w.), die ſich im friſchen Zuſtande durch Alkohol, Aether etc. extrahiren laſſen, gehören, wie das Eintreten der Schwefel- und Salpeterſäurereaction, die Löſungsverhältniſſe bekunden, der Lipochromgruppe an. Mittelſt der Verſeifungsmethode wurden dieſe Farbſtoffe noch nicht analyſirt, in den Spectren der orange bis roth gefärbten alkoholiſchen Auszüge von Chrysomela populi vermochte ich von Lipochrombändern nichts zu entdecken, und bei längerer Aufbewahrung der eingetrockneten Gewebe nehmen die Pigmente einen lipochromoïden Charakter an, wodurch es ſich zugleich erklärt, daß ich über ihre Natur früher in Zweifel bleiben konnte[72]).

Eingehendere Verſuchsreihen liegen nur über die Farbſtoffe der Cocciden und Aphiden[73]) vor, von denen der Eine, die Carminſäure, durch mehrere neuere Arbeiten beſſer bekannt, deſſen chemiſche Conſtitutionsformel aber auch noch keineswegs endgültig feſtgeſtellt worden iſt. Die getrockneten Weibchen von Coccus cacti enthalten von dieſer Säure 26—50%: ein, in der thieriſchen Organiſation wohl einzig daſtehender Fall, daß ein ſo beträchtliches Quantum der geſammten thieriſchen Trockenſubſtanz in einem Farbſtoffe aufgeſpeichert wird. Dieſe Thatſache dürfte auch wohl nur dadurch verſtändlich werden, daß die Carminſäure für die Cocciden einen Reſerveſtoff nach Art des Glykogens oder der Glykoſe darſtellt, was ihr Zerfall beim Kochen mit verdünnten Säuren in einen unvergährbaren, optiſch inactiven Zucker ($C_6H_{10}O_5$) und in Carminroth ($C_{11}H_{12}O_7$) andeuten dürfte.

Die Carminſäure ($C_{17}H_{18}O_{10}$) ſcheint im Thierreiche auf Cocciden und Aphiden im Vorkommen beſchränkt zu ſein; aber bei einer Labiate des Alleghaniegebirges, bei Monarda didyma,

will *Bellhomme* ſie gleichfalls gefunden haben. Seit lange bei Coccus cacti bekannt, wurde das Carmin von *Sorby* bei Aphiden, welche von den Rinden der Apfelbäume geſammelt waren, und von mir bei Coccus ilicis und C. polonicus nachgewieſen; im letztern Falle rein dargeſtellt, in Carminroth übergeführt, die Löſungen wie die der Spaltungsproducte mit denen der Carminſäure aus Coccus cacti ſpectroſkopiſch genau verglichen und in allen Punkten damit identiſch befunden. Die freie Säure kryſtalliſirt, löſt ſich in Alkohol und Waſſer, ſchwer in Äther und liefert meiſt roth gefärbte Salze. Alle durch Säuren aus dem Carmin entſtehenden Derivate haben ſaure Eigenſchaften. Durch kochende Salpeterſäure entſteht daraus die in großen ſilberglänzenden Platten kryſtalliſirende Nitrococcusſäure ($C_7H_3[NO_2]_3OH.CO.OH$), welche mit Waſſer auf 180° C. erhitzt, ſich weiterhin in Kohlenſäure und Trinitrokreſol ($C_6H[CH_3][NO_2]_3OH$) ſpaltet. Erhitzen mit conc. Schwefelſäure verwandelt die Carminſäure unter Entwicklung von Kohlenſäure und von ſchwefliger Säure in Ruficoccin ($C_{16}H_{10}O_6$), ſchmelzendes Kali in gelbes Coccinin ($C_{14}H_{12}O_5$).

Die übrigen Farbſtoffe der Aphiden ſind von *Sorby* wie von *Mac Munn* unterſucht; mir hat ſich bisher leider nie Gelegenheit zu einer Nachunterſuchung geboten, und ich theile deshalb einige Ergebniſſe aus den Arbeiten jener beiden Forſcher mit, obſchon die von dieſen in Anwendung gebrachten Methoden zur Trennung der einzelnen Pigmente als unzweckmäßige bezeichnet werden müſſen, und deshalb Farbſtoffgemiſche auch für reine Farbſtoffkörper gehalten und mit eigenen Namen belegt worden ſind.

Verſetzte *Sorby* den carmeſinrothen Heißwaſſerauszug ſeiner Aphiden mit Eiſenvitriol und Schwefelammonium, ſo nahm derſelbe eine blaſſe Fleiſchfarbe an und, falls ein wenig Ammoniak im Ueberſchuß zugeſetzt wurde, entfärbte ſich die Löſung faſt vollſtändig. Beim Stehen an der Luft kehrte die urſprüngliche Farbe zurück, von der Oberfläche nach dem Grunde zu fortſchreitend.

An dem ſauer gemachten Auszuge war keine Farbenveränderung durch das Eiſenſalz zu erzielen. Es exiſtirt der betreffende Farbſtoff (Aphideïn), ſo ſchließt *Sorby*, ebenſo wie das Hämoglobin in einer oxydirten und in einer desoxydirten Form (in beiden Fällen bei alkaliſcher Reaction der Löſung) und wird für Aphis jedenfalls eine ähnliche reſpiratoriſche Bedeutung haben wie das Hämoglobin bei anderen Thieren. *Mac Munn* erhielt aus Aphiden, welche er auf Physalis Alkekengi («Morella cherry») gefunden hatte, ebenfalls einen Aphideïn-haltigen Auszug, deſſen ſpectroſkopiſches Verhalten ſich auch durch Schwefelammonium änderte; von einer geglückten Rückverwandlung in den oxydirten Zuſtand wird von ihm aber nichts berichtet. Zweifellos iſt *Sorby*'s Aphideïn ein Farbſtoffgemiſch und die von ihm als Umwandlungsproducte desſelben betrachteten und als Aphidiluteïn, Aphidiluteolin und Aphidirhodeïn bezeichneten Pigmente ſind z. Th. Lipochrome oder auch wohl unreine Carminſäure, welche in reinem, freien Zuſtande und in alkoholiſcher Löſung von wäſſrigem Carminammoniak ſpectroſkopiſch ſehr unerheblich abweicht, während ſaure Carminlöſungen ſehr bald ganz anders gelagerte Spectralbänder aufweiſen.

Nur die Chironomuslarven wurden von allen, darauf unterſuchten Inſecten als hämoglobinhaltig erkannt; die Angabe *Mac Munn*'s, daß bei Musca domestica dieſer Stoff ſich ebenfalls finde, kann auf keiner exacten Prüfung baſiren, denn ich habe mich wiederholt überzeugt und über dieſe Verſuche bereits früher berichtet [74]), daß der rothe Farbſtoff in den Fliegenköpfen weder Hämoglobin noch ein Lipochrom iſt, ſondern ſeinen Eigenſchaften nach am nächſten dem Stäbchenpurpur der Cephalopoden ſteht.

Landois wie *Graber* hatten in ihren morphologiſchen Arbeiten ſchon vor mehreren Jahren die Färbungen der Inſectenlymphe [75]) beſprochen, das Zuſtandekommen der eigenthümlichen Melanoſe, welche dieſelbe bei den meiſten Coleopteren und Lepidopteren zeigt, wurde aber erſt vor Kurzem durch *Fredericq* aufgeklärt. Dieſer

Vorgang beruht wie bei Aplysina, Ascidia fumigata und Aethalium septicum auf der Anweſenheit eines Uranidines und iſt in der Infectenlymphe gerade dadurch ſo merkwürdig, daß durch eine, nur kurze Zeit unterhaltene Erwärmung auf ca. 55° *C.* die Oxydation und ſomit auch die melanotiſche Verfärbung inhibirt wird. Eine vergleichende Unterſuchung der Lymphfarbſtoffe bei verſchiedenartigen Käfern und Saturnidenchryſaliden hat mir ergeben, daß das gelbe Uranidin keine charakteriſtiſchen Spectralbänder beſitzt, daß ſich daneben aber meiſt noch andere Farbſtoffe finden, welche für die einzelnen Species eine große Conſtanz beſitzen und ſpectroſkopiſch gut gekennzeichnet ſind. So findet ſich in der bräunlichgelben Lymphe von Saturnia Pernyi, Callosamia Promethea und Telea Polyphemus ein, nach der Verſeifung der ausgeſalzenen Seife leicht durch Äther, unvollſtändig oder gar nicht durch Petroläther zu entziehendes, chlorophanartiges Lipochrom und in der gelbgrünen von Saturnia Pyri wie von Platisamia Cecropia neben dieſem Pigmente noch ein anderes, deſſen Spectrum ein breites Band um D zeigt, das aber ſowohl auf Eſſigſäure- oder Ammoniakzuſatz wie auch nach längerem Erwärmen der Lymphe auf 66° *C.* ſchwindet. Dasſelbe Lipochrom, welches ſich bei den Puppen in der Lymphe findet, pflegt auch dem Fettkörper ſein gelbes oder grünliches Colorit zu geben.

Farbſtoffe der Cruſtaceen.

Dem Hämocyanin, einem meiſt kupfer-, bisweilen aber auch eiſenhaltigen Albuminate, das beim Kochen wie durch Alkohol coagulirt, bei Sauerſtoffentziehung in ein farbloſes Chromogen (Hämocyanogen) übergeht, aus dem es durch Sauerſtoffzufuhr zu regeneriren iſt, begegnen wir bei den Krebſen[76]) zum erſten Male. Es iſt nicht zu bezweifeln, daß dieſes für das Reſpirationsgeſchäft ebenſo wie das bei einigen Krebſen (Daphnia, Lernanthropus etc.) ſich findende Hämoglobin von Nutzen ſein kann; ob aber auch noch andere, in ähnlicher Weiſe als Sauerſtoffüberträger fungirende rothe Pigmente bei Krebſen vorkommen, iſt nach

meinen Beobachtungen wahrſcheinlich, jedoch keineswegs entſchieden.

Weſentlich verſchieden von dem Hämocyanin erweiſt ſich das ſo leicht zerſetzbare Cyanokryſtallin, welches ſich kryſtalliſirt in der Hypodermis ſehr vieler Kruſter findet. Unrichtig iſt die Vermuthung *Mereſchkowsky*'s, dieſer Farbſtoff ſei eine mit dem Velellablau identiſche Subſtanz; denn ich habe ſchon früher nachgewieſen, daß das Cyanokryſtallin (ſowohl von Astacus wie von Homarus) weder in reinem Waſſer, noch in Salzlöſungen verſchiedenſter Concentration auf irgend eine Weiſe zu löſen iſt.

Was ſonſt von Cruſtaceenpigmenten genauer bekannt geworden iſt, betrifft nur die lipochromatiſchen Farbſtoffe, welche hier ſehr verbreitet ſind und durch die Verſeifungsmethode aus dem alkoholiſchen Auszuge der Ovarien von Maja squinado wiederholt iſolirt ſind. Das Crustaceorubrin *Moſeley*'s, das Vitellorubin *Maly*'s ſind lediglich andere Bezeichnungen für *Kühne*'s Rhodophan. Die grünen Cruſtaceenfarbſtoffe ſind gewöhnlich (z. B. bei Virbius) ebenſo leicht durch Löſungsmittel zerſetzbar als die der Inſecten (z. B. von Locusta); doch treten bei einigen Krebſen grüne Farbentöne auf, die ſich gegen Alkohol äußerſt reſiſtent verhalten (z. B. bei Palinurus argus und P. spongipes) und ebenſo violette (z. B. bei Gonodactylus chiragra und auch bei Palinurus argus); beide ſind noch nicht Gegenſtand einer genaueren Unterſuchung geweſen. Indem ich bei Beſprechung der Cruſtaceen ſchließlich noch auf die ſpectroſkopiſchen Unterſuchungen der Leberpigmente aufmerkſam gemacht haben möchte, weiſe ich zugleich die ſeltſame Vermuthung *Mac Munn*'s, daß der Farbſtoff der grünen Drüſe reducirtes Hämoglobin ſein könne[77]), auf Grund meiner Verſuche als unrichtig zurück.

Farbſtoffe der Mollusken.

Die allgemeine Uebereinſtimmung in den Stoffmetamorphoſen bei Cruſtaceen und Mollusken[78]) documentirt ſich in Bezug auf die bei beiden Claſſen gebildeten Pigmente: 1) in den Farbſtoffen

der Hämolymphe (Hämocyanin, Hämoglobin), 2) in denen der Leber (Hepatochrome, Lipochrome) wie einiger anderen Drüſen z. B. der Ovarien (Lipochrome) und 3) in denen der äußeren Haut (Lipochrome). Nur bei verhältnißmäßig wenigen Molluskenſpecies zeigen die Gallen- reſp. die Hautfarbſtoffe ſpecifiſche Eigenthümlichkeiten. So findet ſich in der Galle von Helix, Limax, Zonites, Cyclostoma und Unio tumidus ein rother, in Waſſer löslicher, in den lipochromatiſchen Löſungsmitteln aber unlöslicher und, wie ſich den Beobachtungen von *Hazay* entnehmen läßt, «in ſcharfſpitzigen Rhombusformen» kryſtalliſirender Farbſtoff, das Helicorubin (vgl. S. 99). Dieſes wurde, ebenſo wie gewiſſe Hautpigmente von Arion ater und Limax variegatus in unmittelbare Beziehung mit dem Hämoglobin gebracht (vgl. S. 100), aber, wie ich bereits andeutete, ohne genügende Gründe. *K. B. Hofmann* berichtet, daß im Mantel von Arion ater ein in Säuren mit prächtig violetter Farbe lösliches, in Weingeiſt unlösliches Pigment vorhanden ſei, und einige weitere Angaben über das Verhalten dieſes und der Hautfarbſtoffe von Limax flavus finden ſich bei *Mac Munn*.

Eigen iſt den Mollusken eine Fülle von Farbſtoffen in beſonderen Hautſecreten, welche theils zur Vertheidigung entſandt, theils zur Färbung der Gehäuſe verwendet werden. So bildet ſich, wie wir bereits ſahen (S. 91), bei Cephalopoden ein melaninartiger Körper, der in dem Secrete des Tintenſackes ausgeſtoßen wird, bei Aplysia ein purpurfarbiges, bei Purpura patula ein grünes Pigment, bei Muriciden ein am Lichte veränderliches Chromogen; Cerithien ſecerniren eine gelbe Flüſſigkeit, die an der Luft grasgrün wird, und Scalaria clathrus einen Purpurſaft, der durch Alkalien nicht verändert, durch Mineralſäuren blaugrün und durch Licht nur langſam gebleicht wird. Die von Planorbis corneus auf Reizung entleerte Flüſſigkeit iſt aber bekanntlich kein Drüſenſecret, ſondern hämoglobinhaltige Hämolymphe, und ebenſo wird der himmelblaue Saft, welchen nach *Philippi*'s Angabe Tritonium

nodiferum vor dem Tode entleeren ſoll, die hämocyaninhaltige Hämolymphe dieſes Thieres ſein.

Einige Reactionen und das ſpectroſkopiſche Verhalten des Janthinins, des blauen Farbſtoffes in dem Secrete, welches gewiſſe Janthinaſpecies am Rande und der Oberfläche des Mantels abſondern, ſind (ſpeciell von nordatlantiſchen Formen) durch *Moſeley* bekannt geworden. Das Janthinin löſt ſich in Weingeiſt wie Aether mit blaß violetter Farbe, rother Fluorescenz (ähnlich alſo dem Aesculin) und zeigt drei Abſorptionsbänder im Spectrum (ein tief dunkeles um D und zwei ſchwache vor E und vor F). Dasſelbe Spectralverhalten beſitzt die mit tief violetter Farbe in Glycerin gelöſte Farbſubſtanz. Salzſäure verwandelt die Farbe der alkoholiſchen Löſung in ein reines, lichtes Blau mit nur einem Spectralbande um D. In angeſäuertem Aether löſt ſich das Janthinin mit prachtvoll tief blauer Farbe; dieſe Löſung fluorescirt nicht, und ihr Spectrum iſt ohne Abſorptionsſtreifen. Die Janthininlöſungen waren wenig haltbar; nach 1 bis 2 Wochen fand *Moſeley* ſämmtliche zerſetzt.

Was ſpeciell die Färbungen der Gehäuſe bei den Mollusken anbelangt, ſo iſt die Zahl der dabei in Anwendung gebrachten Farbſtoffe eine ausnehmend große. Wir finden hier:

1. Farbſtoffe mit allen Eigenſchaften der Lipochrome (z. B. bei Littorina und gelben Pectenvarietäten).

2. Lipochromoïde und Melanoïde, welche die Gehäuſe der Muriciden, Coniden und vieler anderen Gaſtropoden (z. B. Cassis, Mitra, Strombus, Cypraea, Turbinella) wie zahlreicher Lamellibranchiaten (z. B. Pecten) von dem zarteſten Roſa, durch Gelb, Orange, Roth und Braun hindurch bis zum tiefen Braunſchwarz (z. B. bei Murex radix, Conus marmoreus, Turbinella rinoceros) variiren laſſen. Wie viel die Structur und wie viel nur vorhandene Spuren eines Lipochromoïdes, z. B. eines rothen bei dem leichten Roſaanfluge an der inneren Schalenfläche von

Strombus gigas, Murex bicolor und Delphinula laciniata beitragen, wird ſich allerdings nur durch fortlaufende Schnittſerien der Schalenſtücke entſcheiden laſſen.

3. Biliverdin bei Haliotiden (z. B. Haliotis Cracherodi) und Trochiden (z. B. Turbo margaritaceus, T. concinnus, T. disjunctus, Trochus pyramis, Tr. olivaceus).

4. Turbobrunin, ein in angeſäuertem Alkohol wie in angeſäuertem Waſſer leicht lösliches, eiſenfreies oder nur Spuren von Eiſen enthaltendes rothes Pigment, das beim Neutraliſiren ſeiner Löſung in braunrothen Flocken ausfällt und bei längerer Berührung oder beim Kochen mit ſauren Flüſſigkeiten in Biliverdin übergeht, unvermiſcht mit dieſem die *Gmelin*'ſche Gallenfarbſtoffreaction aber nicht zeigt. Das Turbobrunin ſcheint auf die Haliotiden (Haliotis rufusens) und die Gattung Turbo (T. sarmaticus, T. rugosus) beſchränkt zu ſein.

5. Bei Helix nemoralis ein intenſiv gelber, in kaltem Alkohol leicht löslicher, in Waſſer, Aether, Chloroform u. dgl. m. aber unlöslicher Farbſtoff, der ſich beim Erwärmen ſeiner Löſung auf etwa 90° *C.*, ähnlich den Uranidinen bräunt, und deſſen Spectrum frei von Abſorptionsbändern iſt; ſeine alkoholiſche Löſung iſt ſehr lichtempfindlich.

6. Ein purpurviolettes, eiſenreiches Pigment, vorkommend bei Gaſtropoden (Trochus rota, Tr. erythraeus) wie Acephalen (Placuna sella, Perna isognomum), das im unveränderten Zuſtande ein breites Abſorptionsband zwiſchen b und F aufweiſt, beim Löſen in ſaurem Alkohol oder Waſſer aber leicht in andere, ſpectroſkopiſch gut gekennzeichnete Farbſtoffe umgewandelt wird. Der Farbſtoff und die durch keine tiefgreifendere Umſetzung aus ihm hervorgegangenen Derivate ſind in Chloroform wie Aether unlöslich. Die ſauren wäſſrigen Löſungen erfahren beim Kochen keine ſpectroſkopiſche Veränderung, werden durch Alkalien gefällt, nicht aber durch Sublimat, Alaun oder Gerbſäure; ſie geben fernerhin weder

nodiferum vor dem Tode entleeren ſoll, die hämocyaninhaltige Hämolymphe dieſes Thieres ſein.

Einige Reactionen und das ſpectroſkopiſche Verhalten des Janthinins, des blauen Farbſtoffes in dem Secrete, welches gewiſſe Janthinaſpecies am Rande und der Oberfläche des Mantels abſondern, ſind (ſpeciell von nordatlantiſchen Formen) durch *Moſeley* bekannt geworden. Das Janthinin löſt ſich in Weingeiſt wie Aether mit blaß violetter Farbe, rother Fluorescenz (ähnlich alſo dem Aesculin) und zeigt drei Abſorptionsbänder im Spectrum (ein tief dunkeles um D und zwei ſchwache vor E und vor F). Dasſelbe Spectralverhalten beſitzt die mit tief violetter Farbe in Glycerin gelöſte Farbſubſtanz. Salzſäure verwandelt die Farbe der alkoholiſchen Löſung in ein reines, lichtes Blau mit nur einem Spectralbande um D. In angeſäuertem Aether löſt ſich das Janthinin mit prachtvoll tief blauer Farbe; dieſe Löſung fluorescirt nicht, und ihr Spectrum iſt ohne Abſorptionsſtreifen. Die Janthininlöſungen waren wenig haltbar; nach 1 bis 2 Wochen fand *Moſeley* ſämmtliche zerſetzt.

Was ſpeciell die Färbungen der Gehäuſe bei den Mollusken anbelangt, ſo iſt die Zahl der dabei in Anwendung gebrachten Farbſtoffe eine ausnehmend große. Wir finden hier:

1. Farbſtoffe mit allen Eigenſchaften der Lipochrome (z. B. bei Littorina und gelben Pectenvarietäten).

2. Lipochromoïde und Melanoïde, welche die Gehäuſe der Muriciden, Coniden und vieler anderen Gaſtropoden (z. B. Cassis, Mitra, Strombus, Cypraea, Turbinella) wie zahlreicher Lamellibranchiaten (z. B. Pecten) von dem zarteſten Roſa, durch Gelb, Orange, Roth und Braun hindurch bis zum tiefen Braunſchwarz (z. B. bei Murex radix, Conus marmoreus, Turbinella rinoceros) variiren laſſen. Wie viel die Structur und wie viel nur vorhandene Spuren eines Lipochromoïdes, z. B. eines rothen bei dem leichten Roſaanfluge an der inneren Schalenfläche von

Strombus gigas, Murex bicolor und Delphinula laciniata beitragen, wird ſich allerdings nur durch fortlaufende Schnittſerien der Schalenſtücke entſcheiden laſſen.

3. Biliverdin bei Haliotiden (z. B. Haliotis Cracherodi) und Trochiden (z. B. Turbo margaritaceus, T. concinnus, T. disjunctus, Trochus pyramis, Tr. olivaceus).

4. Turbobrunin, ein in angeſäuertem Alkohol wie in angeſäuertem Waſſer leicht lösliches, eiſenfreies oder nur Spuren von Eiſen enthaltendes rothes Pigment, das beim Neutraliſiren ſeiner Löſung in braunrothen Flocken ausfällt und bei längerer Berührung oder beim Kochen mit ſauren Flüſſigkeiten in Biliverdin übergeht, unvermiſcht mit dieſem die *Gmelin*'ſche Gallenfarbſtoffreaction aber nicht zeigt. Das Turbobrunin ſcheint auf die Haliotiden (Haliotis rufusens) und die Gattung Turbo (T. sarmaticus, T. rugosus) beſchränkt zu ſein.

5. Bei Helix nemoralis ein intenſiv gelber, in kaltem Alkohol leicht löslicher, in Waſſer, Aether, Chloroform u. dgl. m. aber unlöslicher Farbſtoff, der ſich beim Erwärmen ſeiner Löſung auf etwa 90° *C.*, ähnlich den Uranidinen bräunt, und deſſen Spectrum frei von Abſorptionsbändern iſt; ſeine alkoholiſche Löſung iſt ſehr lichtempfindlich.

6. Ein purpurvioletter, eiſenreiches Pigment, vorkommend bei Gaſtropoden (Trochus rota, Tr. erythraeus) wie Acephalen (Placuna sella, Perna isognomum), das im unveränderten Zuſtande ein breites Abſorptionsband zwiſchen b und F aufweiſt, beim Löſen in ſaurem Alkohol oder Waſſer aber leicht in andere, ſpectroſkopiſch gut gekennzeichnete Farbſtoffe umgewandelt wird. Der Farbſtoff und die durch keine tiefgreifendere Umſetzung aus ihm hervorgegangenen Derivate ſind in Chloroform wie Aether unlöslich. Die ſauren wäſſrigen Löſungen erfahren beim Kochen keine ſpectroſkopiſche Veränderung, werden durch Alkalien gefällt, nicht aber durch Sublimat, Alaun oder Gerbſäure; ſie geben fernerhin weder

mit roher, ſtarker Salpeterſäure oder conc. Schwefelſäure, noch mit Eiſenchlorid oder Kupfervitriol charakteriſtiſche Reactionen und ändern ſich ſelbſt nach tagelanger Belichtung nicht.

7. Bei Trochus pica einen ſchwarzen, in dünnen Schichten blaugrünen Farbſtoff, deſſen Spectrum drei Abſorptionsbänder (eins vor D, ein zweites in der Mitte von D und E und ein drittes zwiſchen b und F) aufweiſt. Derſelbe wird im trockenen Zuſtande von conc. Schwefelſäure lange intact gelaſſen, durch rohe Salpeterſäure gelb gefärbt und von Natronlauge gar nicht, von ſalzſäurehaltigem Waſſer nur ſchwer in Löſung übergeführt; in verdünnter Salpeterſäure löſt er ſich dagegen mit blauvioletter Farbe, und die Löſung, welche zwei Spectralbänder (eins hinter D, ein anderes zwiſchen D und E) zeigt, hält ſich wochenlang unverändert. Die Farbe der blauen Löſung des Pigmentes in Königswaſſer geht raſch in ein unanſehnliches Violettroth und ſpäter in ein bräunliches Gelb über. Nach Entfernung der freien Säure durch Dialyſe oder durch Ueberſättigen mit Ammoniak wird der Farbſtoff aus ſeinen Löſungen in dunkelindigblauen Flocken unverändert ausgefällt.

Neben einem gelbgrünen, den entkalkten Schalenhäuten bislang nicht zu entziehenden Farbſtoffe findet ſich bei Neriten ein dem ſoeben beſprochenen Pigmente ähnlicher, in dünnen Lagen violettblau, in dickeren ſchwarz erſcheinender, aber weit widerſtandsfähiger Körper, der durch Salpeterſäure ebenfalls reiner violett gefärbt, jedoch weder durch dieſe Säure direct gelöſt, noch dadurch für Ammoniak lösbar gemacht wird.

8. Ein tief indigblaues Pigment bei Trochiden, welches ſich auch durch ſeine Reſiſtenz gegen Säuren, Alkalien und lipochromatiſche Löſungsmittel dem Indigblau in ſeinen Eigenſchaften nähert; aber weder Salpeterſäure noch conc. Schwefelſäure üben auf den trockenen Farbſtoff einen auffälligeren Einfluß aus, und auch Alkalien löſen ihn nicht nach vorausgegangener Behandlung mit ſtarker Salpeterſäure.

9. Bei verſchiedenen Species der Gattung Melania ein dunkelbraunes, in Aether wie Chloroform unlösliches, in ſalzſäurehaltiges Waſſer und Weingeiſt mit einer, bald in's Gelbe umſchlagenden Gummiguttfärbung übergehendes Pigment ohne charakteriſtiſches Spectralverhalten und durch Ammoniak aus der ſauren Löſung in braunen Flocken zu fällen. Durch conc. Schwefelſäure wie durch conc. Salpeterſäure wird der Farbſtoff gebleicht, nicht blau gefärbt wie die Lipochrome.

10. Undefinirbare braune (z. B. bei Lithodomus lithophagus) und grüne (bei Ampullaria und Achatina) Farbſtoffe, welche nicht die Lipochromreactionen geben und bislang auch nicht in Löſung zu bringen waren.

Um die Ueberzeugung zu befeſtigen, daß noch manches Wiſſenswerthe über die Schalenfärbungen der Mollusken unaufgeklärt, ja ganz ununterſucht gelaſſen werden mußte, erinnere ich kurz an das intenſive Blau der Mytilusſchalen (vgl. S. 115) und das tiefe Himmelblau der Chryſoten, an die braunen durchſichtigen Stellen in den Schalen von Orthostylus nimbosus und verwandter Species, welche (im durchfallenden Lichte betrachtet) von dem opaken Weiß ſo auffällig abſtechen, an die grünen Farben bei Cochlodryas florida und Helicostyla orbitula[79]).

Es erübrigt noch, des Stäbchenpurpurs der Cephalopoden zu gedenken. Der Stäbchenpurpur (ſpeciell von Sepiola Rondeletii) unterſcheidet ſich vom Sehpurpur allein ſchon durch ſeine Perſiſtenz gegen Licht. Es löſt ſich derſelbe in Ammoniak; durch verdünnte Säuren, Kupfervitriol- wie Bleiacetatlöſungen wird der Stäbchenpurpur zerſtört, während er ſich in Kochſalzlöſungen ſehr verſchiedener Concentration (2—30 %), in Löſungen von Natriumſulfat und Natriumphosphat ſowie in Benzol als haltbar erweiſt. Beim Erwärmen der Retina in einer 30procentigen Kochſalzlöſung auf 70° C. bläßt der Purpur kaum etwas von ſeiner Färbung ein, und nur längeres Erwärmen bei 100° C. bleicht die Retina all-

mählich, aber vollſtändig. Nach *V. Henſen* findet ſich in der Stäbchenſchicht von Pecten Jacobaeus wahrſcheinlich wahrer Sehpurpur; eine Nachunterſuchung hat mir aber ergeben, daß nur ein Theil der rothen Stäbchenpigmente bei dieſer Pectenſpecies lichtempfindlich iſt, ein anderer dagegen ſehr lichtbeſtändig.

Farbſtoffe der Wirbelthiere.

Bei den Wirbelthieren vereinfachen ſich die Färbungen in auffallendem Maße; nicht etwa inſofern, als denſelben intenſivere oder mannigfaltigere Färbungen abgingen oder daß eine geringere Anzahl von Farbſtoffen in Anwendung gezogen würde, ſondern lediglich in der Weiſe, daß ſämmtliche Pigmentirungen durch Glieder weniger Farbſtoffgruppen veranlaßt werden, daß eigenartige Pigmente, wie ſolche bei Wirbelloſen aller Typen in reichlichem Maße angetroffen werden, bei den Wirbelthieren außerordentliche Seltenheiten ſind.

Abgeſehen von dem Hämoglobin und Biliverdin, welche wegen ihres conſtanten Auftretens in der Wirbelthierreihe für uns wichtig ſind, welche aber bei Wirbelloſen gleichfalls vorkommen, — obſchon bei dieſen das Gallenpigment eines ganz andern Urſprungs iſt als bei den Wirbelthieren[80]) — ſind es nur das Zoorubin, Turacin und Turacoverdin, welche von den beſſer bekannten Pigmenten auf Wirbelthierſpecies im Vorkommen beſchränkt gefunden wurden.

Mit ſeltenen Ausnahmen ſind es Lipochrome und Hämoglobine, welche nebſt ihren Abkömmlingen (Gallenfarbſtoffe, Melanine und Melanin-ähnliche Stoffe) die ſog. objectiven, chemiſchen oder Abſorptionsfarben bei den Wirbelthieren bedingen und nur unter Mitwirkung gewiſſer Structureigenthümlichkeiten auch blaue wie grüne Farbentöne möglich machen. Die Urſache der Grünfärbung unſerer Fröſche[81]) kannten bereits viele ältere Forſcher, ebenſo auch die Thatſache, daß die in Alkohol lavendelgrau, ja oft blau gewordene Froſchhaut beim Bedecken mit angefeuchtetem gelben Seidenpapier wieder grasgrün erſcheint. *Bogdanow* und ich wieſen darauf hin, daß die blauen Federn im durchfallenden Lichte bräunlich, die grünen

gelb erſcheinen, und *A. B. Meyer* machte darauf aufmerkſam[82]), daß, «wenn man bei dem grünen Eclectus polychlorus das Licht möglichſt horizontal auf das Grün des Rückens auffallen läßt, wenn man z. B. in Augenhöhe über den grünen Rücken, dem Lichte zugewendet, hinwegſieht, derſelbe ſchön orangegelb erſcheint, ſo blendend grün ſchillernd er auch bei auffallendem Lichte iſt; faſt noch in die Augen ſpringender», bemerkt *Meyer* weiter, «iſt dieſes Verhalten, und zwar ſchon bei ſchräg auffallendem Lichte, bei den grünen Federn der Araras, bei Sittace militaris *L.* und S. chloroptera *Gray*». Schließlich gelang es *Gadow*[83]) an den tiefblauen Federn eines Makao durch einfache Preſſung das Blau ganz zu beſeitigen.

Obſchon bei den von mir beobachteten mittelländiſchen Crenilabriden die grünen und blauen Farben[84]) in ähnlicher Weiſe wie bei den Federn auf Structurverhältniſſen beruhen, ſo ſoll ſich nach *G. Francis* bei einigen ſeltenen Fiſchen (Odax radiatus, O. frenatus und O. Richardsonii) ein grünblauer Farbſtoff finden, und auch bei Bananenfreſſern, welche in ihren Färbungen gleichſam eine Ausnahmeſtellung einnehmen, kommt ein grünes in Waſſer lösliches Pigment den grünen Federn zu. Hiermit iſt aber die Summe aller bei Wirbelthieren in der Pigmentirung aufgefundenen Beſonderheiten erſchöpft; denn daß die Salmonſäure[85]) nicht nur ein unreines Lipochrom darſtellt, iſt bislang als ebenſowenig feſtgeſtellt zu erachten, als daß der Färbung der Belonеknochen ein grüner Farbſtoffkörper thatſächlich zu Grunde liegt.

Unter den Wirbelthieren ſelbſt gibt ſich aber ein allgemeiner Wechſel in der Pigmentirung auch noch darin zu erkennen, daß Fiſche, Amphibien und Reptilien (mit Ausſchluß der Schlangen) vorzugsweiſe auf lipochromatiſche Färbungen angewieſen ſind, bei Schlangen und Säugethieren die melanoïden Färbungen vorherrſchen, die lipochromatiſchen dagegen ſehr zurückſtehen oder auch wohl ganz zum Ausfall kommen, während unter den Vögeln bei

einigen Species die Lipochrome, bei anderen die Melanine mit ihren Verwandten bevorzugt erſcheinen.

Das Wichtigſte, was die Analyſe der Farbſtoffe bei den Wirbelthieren bereits erſchloſſen hat, iſt die Beſchränkung charakteriſtiſcher Pigmente auf vereinzelte Species oder auf Vertreter einer oder weniger Familien. Selbſt die Verbreitung der Lipochrome bietet uns prägnante Beiſpiele, wie die Anbildung auch dieſer, wie es ſcheint, ſo veränderlichen Subſtanzen mit der Organiſationsanlage Hand in Hand geht. Mehr oder weniger beträchtlich iſt ſo z. B. die rhodophanartige Beimengung, welche das Lipochrin in der Haut der einheimiſchen Salamandrinen conſtant begleitet; ſtets findet man ferner in der Haut der einheimiſchen Lacertiden einen andern chlorophanartigen Körper (Lacertofulvin) als in der Haut von Hyla arborea, Rana temporaria und R. esculenta (Lipochrin), und dieſelbe Differenz beſteht nach *Kühne* für dieſe Thiere auch bezüglich der gelben Lipochrome in den Zapfen der Retina[86]).

Federfarbſtoffe der Vögel.

Am lehrreichſten ſind in dieſer Hinſicht die Pigmentirungen des Gefieders der Vögel[87]); mit Ausnahme der in ihren Effecten ſo überraſchenden Structurfarben, welche den Colibris und vielen anderen tropiſchen Vögeln ihre Farbenpracht und Farbenmannigfaltigkeit verleihen, beruhen an dieſem alle geſättigteren Farben auf der Anweſenheit von Lipochromen. Vorwiegend ſind es chlorophan- und rhodophanartige Stoffe, welche ihre Wirkung dabei entfalten, deren Repräſentanten in den Federn verſchiedener Vogelarten oft aber differente ſind. Bald findet ſich in den Federn von Lipochromen veritabeles Rhodophan, bald das ſchlecht charakteriſirte Zoonerythrin vor, und in den rothen Papageienfedern ein dem Rhodophan nur entfernt verwandter Körper, das Araroth, welches ſich gleich ſeinem, dem Chlorophan analogen Begleiter, dem Pſittacofulvin, in ſeinem Verhalten gegen Reagentien ſehr den Lipochromoïden nähert. Von gelben Lipochromen ſcheint das Zoofulvin die weiteſte Verbreitung zu beſitzen, weniger häufig findet ſich das

Coriofulfurin und das Picofulvin charakteriſirt, ſoviel wir wiſſen, die Vertreter einer einzigen Familie, nämlich die Piciden.

Das Picofulvin[88]) wurde von mir in den grünen Federn von Gecinus viridis entdeckt und bei ſorgfältiger Prüfung von 19 Specht-arten bei 9 Species, theils nur mit Rhodophan (Campophilus Malherbii, Picus major, Callolophus mentalis, Gecinus viridis), theils mit Rhodophan und Coriofulfurin (Mulleripicus fulvus, Yungipicus Temminckii, Chrysoptilus punctigula, Chloronerpes aurulentus, Chl. Kirkii) vergeſellſchaftet gefun-den. bei 10 Species (Dendropicus cardinalis, Campethera nubica, Tiga tridactyla, Dryocopus flavifrons, Colaptes auratus, C. olivaceus, C. rubricatus, Melanerpes formici-vorus, Picumnus minutus, Jynx torquilla) dagegen vermißt. Bei weiterer Nachforſchung über eine eventuelle Verbreitung des Picofulvins bei Vertretern der den Piciden nächſtſtehenden Familien (Pſittaciden, Bucconiden, Ramphastiden)[89]), welche die groß-artige Liberalität *Adolf Bernhard Meyer*'s und ſein warmes Intereſſe für jeden, auch noch ſo kleinen Fortſchritt in der Lehre von den thie-riſchen Färbungen mir ermöglichte, — ergab ſich, daß dieſer Farb-ſtoff hier durchgängig fehlt und demnach (wenn auch nur vorläufig) als eine Eigenthümlichkeit der Piciden betrachtet werden muß.

Einen ebenſo beſchränkten Verbreitungsbezirk als das Pico-fulvin ſcheint das Turacin[90]) zu beſitzen. Dieſer kupferreiche, purpur-rothe Farbſtoff der Muſophagiden iſt durch die Reiſebeſchreibung von *Verreaux* zuerſt bekannt geworden. Den ſpäteren Mittheilungen anderer Ornithologen läßt ſich entnehmen, daß ſich das Turacin bei den meiſten Muſophagidenſpecies findet, davon, daß es bei irgend einer derſelben thatſächlich vermißt wurde, iſt mir überhaupt nichts bekannt geworden. Sehr genaue Unterſuchungen über dieſen Farb-ſtoff verdanken wir *Church*. Nach *Church*, aber unbeeinflußt von den in ſeiner Arbeit niedergelegten Reſultaten, unterſuchte ich das Turacin und fand ſchließlich, nach vielem Suchen, auch ſeine Ab-

handlung wieder auf, welche bis dahin vergeſſen und begraben lag in der großen Katakombe der Philoſophical Transactions.

Nach allen Beobachtungen, welche über das Turacin in der Literatur niedergelegt ſind, und nach den Erfahrungen, welche ich in den größeren ornithologiſchen Sammlungen Deutſchlands wie Oeſterreichs bezüglich einer zu erwartenden Turacinfärbung bei anderen Gruppen zugetheilten Species ſammeln konnte, hatte es den Anſchein, als ob dieſer Farbſtoff nur bei Muſophagiden vorkomme. Bei meinem Beſuche des *Senckenberg*'ſchen Muſeums zu Frankfurt fiel mir jedoch kürzlich ein Cuculide von Manilla, Dasylophus superciliosus *Swainson* auf, bei welchem das ſatte Roth ſparſam vorhandener Kopffedern auf Turacin ſchließen ließ. Dank der Bereitwilligkeit der Direction der *Senckenberg*'ſchen Geſellſchaft war mir eine Unterſuchung dieſer Federn möglich, welche zu dem Reſultate führte, daß der fragliche Farbſtoff wirkliches Turacin war. *Moſeley* erwähnt in ſeiner von mir ſchon wiederholt citirten Abhandlung, er glaube geleſen zu haben, daß das Turacin auch bei einer kleinen Papageienart Auſtraliens entdeckt ſei. Ich habe in ornithologiſchen Kreiſen von einer derartigen Mittheilung nichts in Erfahrung bringen können und bin deshalb geneigt anzunehmen, daß dieſe Notiz nur auf Verwechslung des Turacins mit einem andern Farbſtoffe von Seiten *Moſeley*'s beruht; iſt es mir doch ſchon wiederholt vorgekommen, daß mir Mittheilungen über das Turacin zugingen, welche ſich ſtets als irrthümliche entpuppten. Daß ſich dieſer Farbſtoff bei keinem Papageien findet, iſt mir ſo ſicher als irgend etwas.

Noch ſpecialiſirter im Vorkommen als das Turacin iſt der grüne Farbſtoff, welcher aus ihm bei längerer Aufbewahrung im angefeuchteten Zuſtande und an der Luft hervorgeht, das Turacoverdin[91]); dieſes wurde von mir bei Corythaeola cristata aufgefunden, aus den grünen Federn von Corythaix albicristata iſolirt wie in Löſung erhalten und iſt weder bei anderen Muſopha-

giden noch bei irgend einer Species einer andern Vogelfamilie fernerhin nachgewieſen.

Während das Picofulvin, Turacin und Turacoverdin durch ihre Beſchränkung auf Repräſentanten einer einzigen Familie (und reſp. auf wenige andere, dieſer ſehr naheſtehende Formen, deren ſyſtematiſche Stellung überdies noch fraglich iſt) von Intereſſe ſind, verdient das Zoorubin deshalb Beachtung, weil es bei verhältnißmäßig wenigen Species fernſtehender Familien in den Federn auftritt; auch dieſer Farbſtoff wurde ſonſt im Thierreiche nicht wiedergefunden.

Bei Paradiſeïden iſt das Zoorubin[92]) am regelmäßigſten anzutreffen; ſo findet es ſich bei Paradisea papuana, P. rubra, Diphyllodes magnifica und ganz beſonders reichlich bei dem Männchen von Cicinnurus regius, deſſen Gefieder es eine prächtige braunrothe Färbung verleiht. Außerdem habe ich dieſen Farbſtoff aber auch bei Trogoniden (Pyrotrogon Diardi ♂), Alectoriden (Otis tarda) und Phaſianiden (gewiſſe Varietät von Gallus domesticus) nachzuweiſen vermocht, und zweifellos wird derſelbe auch Arten mehrerer anderen Familien nicht fehlen; in ſämmtlichen von mir unterſuchten braunen Rhamphaſtiden-Federn habe ich ihn indeß vermißt.

Eierſchalenfarbſtoffe.

Gewöhnliche und außergewöhnliche Färbungen treten uns bei den Vögeln nicht nur am Gefieder, ſondern auch an den Eierſchalen[93]) entgegen. Durch die Unterſuchungen von *Sorby*, *Liebermann* und mir iſt feſtgeſtellt, daß die Färbungen der blauen bis grünen Vogeleierſchalen von Biliverdin oder dieſen ſehr naheſtehenden Farbſtoffkörpern (Oocyan *Sorby*'s) herrühren, während die dunkelen und röthlichen Farbentöne (fleiſch-, oliven-, lederfarbig, roth, braun, ſchwarz u. dgl. m.) durch ein Hämoglobinderivat (Oorhodein *Sorby*'s) veranlaßt werden, welches nach dem Entkalken der Schalen als Hämatoporphyrin in die Säure übergeht. Beide Pigmentirungsweiſen manifeſtiren ſich als gründlich verſchieden-

artige ſchon dadurch, daß die Biliverdinfärbung auch in tiefere Schalenlagen hinabreicht, daß ſie im Umfang der Schale aber an allen Stellen ſtets eine gleichmäßige iſt, während das directe Spaltungsproduct des Hämoglobins nur ganz oberflächlich und hier ſtets in mehr oder weniger circumſcripter Vertheilung (als Flecke, Punkte, Kritzeln, Schlieren etc.), niemals in der Tiefe der Schalen zu finden iſt. Das ſog. Oocyan wird, ſo ſchließen wir aus dieſen Befunden, in Gemeinſchaft mit den Kalkſalzen ſecernirt, das Oorhodeïn hingegen der fertigen Eierſchale erſt ganz zuletzt aufgetragen.

Außer dem Biliverdin und Hämatoporphyrin tragen nachgewieſenermaßen nur noch bei zwei Vogelclaſſen andere Pigmente zur Eierſchalenfärbung bei, indem in beiden Fällen auf die Oorhodeïnfärbung verzichtet wird. Es iſt bemerkenswerth, daß dieſe Abweichungen Familien betreffen, bei denen die Färbungen des Gefieders ſich durch keine Abſonderlichkeiten auszeichnen, und daß anderſeits die Vögel mit ungewöhnlichen Federfarbſtoffen keine von dem allgemein Gang und Geben in ihrer Färbung abweichende Eier legen. Lediglich die Crypturiden und Cursores nehmen durch die Pigmentirung ihrer Eierſchalen eine Sonderſtellung unter den Vögeln ein, indem ſich nämlich bei den Cursores dem Oocyan das Oochlorin, und bei den Crypturiden Oochlorin und Ooxanthin hinzugeſellen.

Wir können hiermit unſere Darſtellung der Färbungsurſachen bei den Wirbelthieren beſchließen, denn die Unterſuchung der melaninartigen Stoffe hat wegen der Schwerlöslichkeit dieſer Subſtanzen zu vergleichend-phyſiologiſch wichtigeren Reſultaten noch nicht geführt. Bei der Lösbarmachung und Reinigung dieſer Pigmente von Horn- und Eiweißgebilden hat man ſtets zu Mitteln greifen müſſen, welche die Farbſtoffe ſelbſt verändern und zerſetzen, ohne aber zugleich auch nur irgendwelche Garantie zu bieten, daß die verunreinigenden Stoffe thatſächlich dadurch beſeitigt werden. Vieles

der Beſprechung und der Unterſuchung Werthe ließe ſich allerdings auch noch aus der Farbenwelt bei den Wirbelthieren namhaft machen, doch glaube ich nicht, daß die Forſchung bereits ſoweit vorgeſchritten iſt, als daß man über das Wie dieſer Färbungen auch nur eine Vermuthung ausſprechen könnte. Meine und die Unterſuchungen anderer Autoren haben allerdings gelehrt, daß das rothe Knochenmark, die meiſten rothen, halbrothen oder tief lackfarben zinnoberrothen Wirbelthiermuskeln durch unverändertes Hämoglobin gefärbt ſind, was jedoch die Färbung des gelben Knochenmarkes bedingt, wie die Farbe der himmelblauen Muskeln vieler Scomberiden, die rothe, auf ſog. «acide salmonique» beruhende Färbung des Lachsfleiſches zu Stande kommt, das wiſſen wir nicht und was die gelbe Farbe des Blutſerums bei Säugethieren veranlaßt, das wiſſen wir auch nicht. Ebenſo ſchlecht ſind wir über die gelben bis hochrothen Färbungen der Schneidezähne gewiſſer Nagethiere, über die Schwarzfärbung der Zähne von Wiederkäuern und Pachydermen unterrichtet, und bei Fragen nach den Färbungsverſchiedenheiten der Haare[94]) würde ſich ein Räthſel an das andere reihen. Auch über die Federfarben der Vögel breitet ſich ſtellenweiſe noch ein tiefes Dunkel aus. Die violetten und purpurvioletten Federn bei den Tauben der Inſeln um Neu-Guinea (Ptilopus speciosus *Ros.* ♂, P. pulchellus *Tem.*, P. geminus *Salv.* ♂) trotzten bislang jedem Verſuche, eine ähnlich gefärbte Subſtanz aus ihnen abzuſcheiden, und nichts wiſſen wir über die feurigen Farben des Goldfaſans, nichts über das wunderbare Roth der Xipholena pompadora. Ueberall würden hier zur Zeit nur Wünſche an Stelle des Geiſtes abgeſchloſſener exacter Unterſuchungen treten können.

Rückblick.

Unbeirrt durch die Vorurtheile und die Sucht einzelner Unterſucher, in jedem rothen, braunen oder dunkelgrünen Pigmente — befinde es ſich an Infuſorien gebunden in den Flüſſen bei Guatemala *(Roffignon)*, in Algen *(Phipſon)* oder irgendwo bei Thieren

(Ray-Lankeſter, Sorby, Mac Munn) — ein verkapptes Hämoglobinderivat zu entdecken, in jedem gelben wie grünen Farbſtoffe die Kraft des Chlorophyllkorns zu wittern, jede lebhaftere Pigmentirung als das Product einer, auch unter natürlichen Verhältniſſen ablaufenden *Pettenkofer*'ſchen Gallenſäurereaction zu deuten *(Cafali)* oder überall nur Lipochrome zu ſehen *(Merejkowsky)*, habe ich verſucht, Ihnen von den thieriſchen Pigmentirungen nur Das zu bieten, was als erwieſene Thatſachen in der Wiſſenſchaft von dauerndem Beſtande iſt, was, um nicht zu Irrlichtern zu werden, berichtigt werden mußte, und ſchließlich auch die auf Thatſachen baſirten Theorieen und Ideen, an deren Hand ſich rüſtig weiter forſchen läßt.

Wir nahmen bis dahin den thieriſchen Pigmentirungen eine analoge, allerdings ganz entgegengeſetzte Stellung gegenüber ein als der moderne anatomiſche Mikroſkopiker den thieriſchen Geweben; dieſer iſt zufrieden geſtellt, wenn ihm eine möglichſt brillante und diſtincte Färbung an einem Organelemente gelungen iſt, und es könnte nach dem Vorgetragenen auch leicht den Anſchein erwecken, als ob unſer Intereſſe völlig befriedigt ſei, wenn die Farbſtoffextraction eine gelungene geweſen iſt. Ich bin jedoch weit davon entfernt zu glauben, daß mit der Kenntniß der chemiſchen Natur der Farbſtoffe allein, und mag ſich dieſelbe in der Zukunft auch noch ſo vollkommen geſtalten, biologiſch viel gewonnen iſt; dieſe bildet meines Erachtens nur ein unbedingtes Erforderniß, um die Räthſel der thieriſchen Färbungen, deren es ſo unendlich viele und einer wiſſenſchaftlichen Unterſuchung ſo würdige gibt, überhaupt erſt ihrer Löſung näher zu führen. Ebenſo wie in einer rationellen Hiſtologie der beabſichtigte Zweck aller Tinctionen nur der ſein kann, zu erforſchen, was in jedem einzelnen Falle für chemiſche Gewebsbeſtandtheile und warum gerade dieſe mit dem angewandten Färbemittel imprägnirt werden, ſo hat auch, ſage ich, eine wiſſenſchaftliche vergleichende Chromatologie der Thiere vor allen in Erfahrung zu bringen, warum gerade dieſe und

nicht andere lebende Organtheile gefärbt ſind, und auf welchem Wege der Farbſtoff an die betreffenden Plätze gelangt iſt, reſp. ob derſelbe erſt an Ort und Stelle gebildet wurde. Der Hiſtologe wird ſeiner Aufgabe ſicherlich erſt dann gerecht werden, wenn er ſich nicht darauf beſchränkt, die Gewebe durch Anilin, Eoſin u. dgl. m. in ein geſchmackvolles Licht zu ſetzen, ſondern ſich auch dazu bequemen wird, durch ſucceſſive Entfernung der durch verſchiedene Farbſtofflöſungen different gefärbten Gewebstheile ſichere Anhaltspunkte über die chemiſche Structur der Gewebe ſelbſt zu erlangen. In entſprechender Weiſe wird die vergleichende Phyſiologie der thieriſchen Färbungen aber auch nur dann ihrem beabſichtigten Ziele ſich zu nähern wiſſen, wenn ſie nicht in einer Farbſtoffchemie aufgeht, ſondern vorwiegend ihr Augenmerk der Erforſchung der natürlichen Färbungsurſachen zulenkt[95]).

Was ich Ihnen nach dieſer Richtung zu bieten vermag, iſt ſehr wenig. Das zur Löſung dieſer Fragen angehäufte Erfahrungsmaterial iſt außerordentlich reichhaltig und gewiß noch weit bedeutender, als ich es zu überſehen vermag; ich fühle mich unfähig, ohne eine große Eigenerfahrung und ohne Unterſtützung geeigneter Sammlungen dasſelbe zu ſichten und in eine ſo aphoriſtiſche Form zu kleiden, als es der Rahmen dieſer Vorträge mir geſtattet. Ich beſchränke mich deshalb darauf, nur die Punkte hervorzuheben, an deren Klarſtellung uns bei einer naturgemäßen Betrachtung der thieriſchen Pigmentirungen vorzugsweiſe gelegen ſein muß, welche aber nur tiefere und umfaſſende Studien zu detailliren vermöchten.

Herkunft der Pigmente.

Wir begannen unſere Betrachtungen damit, die Momente ausfindig zu machen, welche ſich für eine genetiſche Beziehung zwiſchen den einzelnen Farbſtoffgruppen verwerthen ließen; dieſer Tendenz ſind wir bei allen unſeren Auseinanderſetzungen, wie ich glaube, treu geblieben, und es ergab ſich außer den Reſultaten, welche die Tafel auf S. 101 reſumirt, weiterhin noch die Thatſache, daß

einige natürliche Farbſtoffe, obſchon äußerlich einander ſehr unähnlich (rothe und violette Farbſtoffe der Acrocladien wie der Blüthenblätter, das Pentacrinin und ſeine grüne Verbindung) doch nichts anderes vorſtellen als in dem einen Falle die freie Farbſtoffſäure, in dem andern das Salz derſelben. Hiermit iſt aber alles erſchöpft, was ſich über die thieriſchen und pflanzlichen Farbſtoffe in dieſer Beziehung ſagen läßt.

Eine andere Frage iſt nun die, ob ein oder der andere Farbſtoff in offenbarer Beziehung zu einer ungefärbten Subſtanz ſteht, ſei es, daß dieſe im Organismus bereits unter phyſiologiſchen Verhältniſſen vorhanden iſt, ſei es, daß dieſe denſelben nur bei einer gewiſſen Ernährungsweiſe zugeführt wird. Soviel ich erſehe, läßt ſich für ein derartiges Abhängigkeitsverhältniß nur ein einziges ſicheres Beiſpiel anführen (die Umwandlung des Indol in ſog. Harnindican und Indigo), welches nicht viel bedeuten kann, wenn man berückſichtigt, daß jeder thieriſche Farbſtoffkörper eine ſolche Abſtammung ſchließlich haben muß. Wie ſchwer es hält, in dieſer Richtung Reſultate zu erzielen, dürfte ſchon daraus zu entnehmen ſein, daß wir in vielen Fällen nicht einmal wiſſen, ob eine Subſtanz wirklich ein thiereigenes Product iſt oder ſchon als ſolche von außen aufgenommen wurde; ob es ſich bei ihr nicht um einen Körper handelt, welcher in minimaler Menge dem Organismus einverleibt, in dieſem (ähnlich dem Kupfer in den Haaren, dem Silber in der Haut bei Argyrie) retinirt blieb, um gelegentlich vielleicht, wie der Krapp dem Kalke in die Knochen und in die Eierſchalen folgt, auch mit dem Fette oder gewiſſen Eiweißſtoffen mobil und transportabel zu werden.

Viele Abhandlungen ſind erſchienen, bevor man die Kohlenpartikelchen im Lungenparenchym als ſolche erkannte, den Guaninproducenten unter den Thieren kennen wir noch immer nicht, und man kann ſich deshalb nicht gerade wundern, wenn faſt alle, der Entſtehung thieriſcher Pigmente zugewandten Nachforſchungen

einen mehr oder weniger generaliſirenden Charakter angenommen haben, und man ſich vorläufig auch damit zufrieden ſtellt, wenn es anſcheinend gelungen iſt, eine beſtimmte Färbung in cauſalem Zuſammenhange mit einem beſtimmten Nahrungsmittel zu wiſſen. Wie viele von den Beobachtungen aber, durch welche ein derartiges Abhängigkeitsverhältniß zwiſchen Farbe und Nahrung erſchloſſen ſein ſoll, richtig ſind, ſtelle ich ſpäteren Experimentatoren zur Entſcheidung anheim und führe hier nur einige derſelben auf.

So iſt behauptet worden, daß die Flamingos ihr zartes Roth aus der Fiſchnahrung beziehen, daß das Schwarzwerden von in Käfigen gehaltenen Gimpeln, Buchfinken und Stieglitzen bei einer zu übermäßigen Fütterung mit Hanf eintrete[96]), daß verſchiedene Völkerſchaften es verſtehen, grüne Papageien durch eine beſondere Art der Ernährung und auch durch andere Mittel gelb zu färben (»tapiriren«)[97]), und neuerdings hat man gelbe Canarienvögel durch Füttern mit ſpaniſchem Pfeffer dunkelorange zu färben vermocht. Nur ſehr vage allgemeine Angaben liegen über den Einfluß des Futters auf die Färbungen bei den Inſecten[98]) vor. Allgemein bekannt iſt die Behauptung, daß Schmetterlinge, ganz beſonders Arten der Gattung Euprepia, eine andere Färbung als die gewöhnliche annehmen, wenn ihre Raupen mit ihnen für gewöhnlich nicht zu Gebote ſtehenden Blättern gefüttert werden; ſo ſoll Euprepia caja einfarbig braun werden, wenn man ihre Larven mit Walnußblättern ernährt. Die Raupe von Elloparia fasciaria ſoll auf Fichten grün, auf Kiefern braun ſein, und die Raupe von Xylomiges conspicillaris entſprechend der Verfärbung des Ginſters, auf dem ſie lebt, die Farbe ebenfalls wechſeln; ſo lange dieſer jung, iſt ſie grün, wenn die gelben Blüthen kommen, erſcheint ſie auch im gelben Koſtüm und wechſelt dieſes noch einmal in Graubraun um, wenn ſie, ſchon ausgewachſen, zwiſchen dürrem Laube ſich bewegt. Eine andere Raupe, Eupithecia absinthiata, ein polyphages Thier, ſoll auf dem gelb blühenden Senecio Jaco-

baea gelb, auf rothen Centaureen röthlich und auf weißer Camille weiß ſein. *Leydig* verfiel ſogar auf den Gedanken, daß das ſeiner irrthümlichen Annahme nach in den grünen Heuſchrecken- und Chryſopa-Flügeln deponirte Chlorophyllgrün ſich mit vorrückender Jahreszeit an ſeinem neuen Platze ebenſo wie das der Blätter verfärbe.

Strenger durchgeführt, beſonders in den Arbeiten von *Weismann*, ſind die Beobachtungen über den Einfluß von Licht und Temperatur auf die Entwicklung der Farben bei den Schmetterlingen. Schon *Dorfmeiſter* war es gelungen, bei Euprepia caja das normale Rothgelb der Hinterflügel durch erhöhte Wärme in Mennigroth, durch erniedrigte in Ockergelb nach Belieben umzuwandeln. Der Saiſon-Dimorphismus, d. h. die nach den Jahreszeiten wechſelnde Färbung des Netzfalters (Vanessa levana *L.*) und einer Reihe anderer Tagſchmetterlinge, den bereits *Röſel* gekannt, *Weismann* aber erſt näher erforſcht und erklärt hat, bietet in dieſer Beziehung wohl das anziehendſte Beiſpiel dar. Dieſe Farbenveränderungen, welche *V. Graber* in ſeinem, ſo originellen Werke «Die Inſecten» höchſt ſinnreich beſchrieben und den weiteſten Kreiſen dadurch erſchloſſen hat, betreffen aber insgeſammt nur die Structurfarben, welche einem Verſtändniſſe und einer eingehenderen Unterſuchung zur Beantwortung des Warum weit ſchwieriger zugängig ſind als die Fälle, wo die Färbung durch greifbare und iſolirbare chemiſche Stoffe eine Beeinfluſſung erfährt; ihre wiſſenſchaftlichere Inangriffnahme erfordert weit mehr Vorarbeiten als die der letzteren Art, welche ſchon, wie wir ſahen, ſehr complicirter Natur iſt. Nur eine, für die Kenntniß des Entſtehens der chemiſchen Färbungen ſehr weſentliche Vorfrage bleibt uns bei den Structurfarben erſpart, nämlich die nach der Bildungsſtätte des Färbungsmateriales, zu deren Beſprechung wir ſogleich übergehen können, weil von den äußeren phyſikaliſchen Einflüſſen auf die ſonſtigen Färbungen der Thiere nur ſoviel gewiß iſt, daß

das intenſivſte Sonnenlicht verbunden mit der größten Wärme, wie man es in den Tropen findet, die größte Mannigfaltigkeit und Pracht der Farben bedingt, und daß ſowohl mit der Erhebung über die Meeresfläche wie namentlich gegen die Pole zu ſich die Farben mehr und mehr abſchwächen oder monotoner werden.

Bildungsſtätte der Pigmente.

«Ob das Pigment am Orte, wo man es vorfindet, entſtanden iſt und ſo z. B. in den Farbezellen als Product ihrer metaboliſchen Thätigkeit angeſehen werden kann, oder ob es ſchon als ſolches auf irgend eine Weiſe (flüſſig oder feſt) in die Zelle gelangt», iſt eine Frage, welche nach meinem Dafürhalten für jeden beſonderen Fall erwogen und nicht ſelten verſchieden beantwortet werden muß. Ich gebe zu, daß bei manchen thieriſchen Färbungen ein in Hinblick auf die chemiſche Zuſammenſetzung des Farbſtoffkörpers unbedeutendes Atom einer hinzugeführten Subſtanz (wie z. B. von einem Eiſenſalze bei chlorotiſchen Pflanzen) ausreicht, aus einem ungefärbten Chromogene einen Farbſtoffkörper an's Licht zu zaubern, daß auch entfernt liegende Organe (ſo z. B. die Nebennieren bei der *Addiſon*'ſchen Krankheit) auf eine Pigmentablagerung in ganz anders gearteten Geweben von gravitirendem Einfluſſe ſein können; für die Federn ſpeciell, vertrete ich aber die Auffaſſung, daß ſämmtliche Farbſtoffe derſelben, mit alleiniger Ausnahme des Corioſulfurins, in loco entſtehen und beziehe mich dabei:

1. auf *A. Ewald*'s Tinctionsverſuche[99]), welche ergeben haben, daß die Affinität anderer thieriſchen Gewebe für die aus den Federn in Löſung erhaltenen Pigmente weit größer iſt als die des Federgewebes ſelbſt;

2. auf die ſcharfe Abgrenzung der lipochromatiſchen und melanotiſchen Färbungen, welche für erſtere Farbſtoffe an der Vogelretina, wo die einzelnen Zapfenkugeln ihre eigenen Lipochrome führen, und ganz beſonders an Pigmentzellen der Haut von Fiſchen, wo in einer einzigen Zelle ſeparirt rothe, gelbe und grünliche Fetttropfen lagern, noch weit prägnanter hervortritt als an den Federn.

Nur durch die Annahme eines ganz außergewöhnlichen Electionsvermögens gewiſſer Zellenbeſtandtheile ließen ſich dieſe ſo abſonderlichen Verhältniſſe ſonſt noch erklären;

3. auf die chemiſche Eigenartigkeit ſo vieler Federfarbſtoffe, welche weder im Blute, noch in Drüſen, Muskeln und Haut, ja nicht einmal im Federſchafte[100]), ſondern nur in der Federfahne anzutreffen ſind;

4. auf die Schwerlöslichkeit und große Unveränderlichkeit des Melanins durch chemiſche Agentien, welche dasſelbe gar nicht transportfähig erſcheinen laſſen;

5. auf den Fortfall der melanotiſchen, nicht der lipochromatiſchen Färbungen bei albinotiſchen Formen, und

6. auf die Regeneration des Turacins nach Entfernung desſelben aus den Federn durch Waſſer oder alkaliſche Flüſſigkeiten.

Um dem Farbenbildungsvermögen der Zellen ſelbſt näher zu treten, wüßte ich für die Melanine kein anderes Mittel anzugeben, als einen Vergleich der durch gründliche anatomiſche und hiſtologiſche Unterſuchungen (welche nicht nur die Federn, ſondern auch alle, eventuell dabei in Frage kommenden Organe betreffen) an albinotiſchen und normalen Formen gewonnenen Reſultate, während uns in Betreff der Lipochrome auch allgemeiner gehaltene vergleichend-phyſiologiſche Studien eine Aufklärung verſprechen dürften.

Verfärbungen der Pigmente.

Nicht ſelten erfahren gefärbte Theile nach kürzerer oder längerer Zeit eine Abnahme ihrer Farbenintenſität, ja ſelbſt einen vollſtändigen Schwund ihres Pigmentes, ſei es, daß der Farbſtoff an Ort und Stelle zerſtört oder durch Reſorption entfernt wird. Am durchſichtigſten ſind die Verhältniſſe bei den turacinhaltigen Federn der Muſophagiden, wo jeder ſtärkere Regen, dem dieſe Tropenvögel in ihrer Heimath zwar nur ſelten ausgeſetzt ſind, den Farbſtoff aus den purpurvioletten Federn abwäſcht und dieſe verblaſſen macht. Wo lipochromatiſche Färbungen an den dem Lichte exponirten

Körpertheilen eine Abſchwächung ihrer Intenſität erfahren, wird die gemeinſame Wirkung des Luftſauerſtoffs und des Sonnenlichtes für die Abnahme der Färbung verantwortlich zu machen ſein; ebenſo verhält es ſich auch bei der Umwandlung des Comatulins in unanſehnliche bräunliche oder gelbliche Subſtanzen. Aber ſchon bei der Entfärbung der Lipochrome ſpielen Factoren mit, welche uns noch vollkommen dunkel ſind, und dieſe tragen auch daran die Schuld, daß einige lipochromatiſche Färbungen (z. B. in der Haut von Luvarus imperialis) außerordentlich lichtempfindlich, andere (z. B. das in den gelben Fängen der Raubvögel abgelagerte Coriofulfurin, das Zoonerythrin in den ſog. Roſen der Waldhähne) weit lichtbeſtändiger ſind, und die lipochromatiſchen Färbungen an den Federn (auch nicht ſonderlich vor Licht- und Lufteinwirkung geſchützt) viele Jahre ſich erhalten.

Weinland[101]) wies bereits 1856 darauf hin, daß das Fett die Farbenintenſität ſehr beeinfluſſe, und ich überzeugte mich durch Verſuche, daß fettarme, ſchwach gefärbt erſcheinende Federn nach Durchtränkung mit fettem Oele eine ungleich geſättigtere Färbung annehmen. Bekanntlich verſchwinden aus normalen Geweben bei ſchlechter Ernährung und bei Krankheit keine anderen Stoffe ſo leicht als die Fette, und *L. Martin*[102]) bezieht gewiß mit Recht viele ſog. flüchtige Farben, welche er bei Säugethieren (z. B. an der dottergelben Kehle des Baummarders) und Vögeln (am Roſaanflug der Pelikane, am Frühlingsgefieder vieler Möven und Meerſchwalben, am Flaumgefieder der Trappen, am ſchönen Gelb der Säger u. ſ. w.) nachgewieſen hat, und welche «bei kranken oder ſchlecht genährten Thieren, ſowie an alten Häuten und Bälgen oft ganz verſchwinden» auf eine unter normalen Verhältniſſen in den Geweben vorhandene Fettmenge. Dagegen glaube ich in Uebereinſtimmung mit anderen Ornithologen, daß das vergängliche ſchöne Aſchgrau der Reiherfedern (Ardea cinerea), welches bei der leiſeſten Berührung ſchwindet, und über welches Herr Baron *E. F.*

von Homeyer mich brieflich zu unterrichten die Güte hatte, auf feineren Structurverhältniſſen beruht, welche durch mechaniſche Inſulte leicht zerſtört und entfernt werden. Das Verſchwinden des namentlich bei den Amazonen-Papageien, doch von *Martin*[103]) auch bei manchen Buſſarden und Waſſervögeln beobachteten Duftgefieders, welches man ſeit *Nitſch* beſonderen Puderdunen zuſchreibt, wird ſich nach der Anſicht des erſtgenannten Forſchers wahrſcheinlich auch in einer ähnlichen Weiſe vollziehen, nämlich durch eine Abſchülferung der Federhälſe. Worauf es jedoch beruht, daß, wie *E. F. von Homeyer*[104]) auch an unſeren einheimiſchen Vögeln beobachtete, die Farben mit dem Schwinden des Lebens (ſchon für das bloße Auge bemerkbar) ſich verändern, ſo z. B. bei alten Männchen unſeres Pirols, wo mit dem Erkalten des Vogels ein bemerklicher Theil des Farbenglanzes erliſcht, läßt ſich an durchſichtigeren Erſcheinungen noch nicht verſtändlich machen.

In einer Entfernung des zuvor veränderten Pigmentes durch Reſorption liegt es zweifellos begründet, wenn man die von der Geburt an ſchwarze Hautfarbe ſich bei gewiſſen ſchwarzen Hühnerarten lichten[105]) und, was allerdings zu einer großen Seltenheit gehört, die Haut eines Negers zu der eines Kaukaſiers werden ſieht[106]). Eine ganz eigene Bewandtniß hat es mit dem plötzlichen Ergrauen der Haare. Zahlreicher und ſicherer als für Thiere ſind die über das plötzliche Ergrauen bei Menſchen gemachten Angaben[107]), welche die oft beſtrittene Möglichkeit, daß derartiges vorkommen könne, zur völligen Gewißheit werden laſſen. Wir beſitzen über einen derartigen Fall, der einen Mann betrifft, welcher während eines Anfalles von Säuferwahnſinn in einer Nacht ergraute, eine ſehr gediegene Arbeit von *Leonard Landois*, nach der die Verfärbung darin begründet lag, «daß ſich reichliche Luftbläschen im ganzen Marke der (blonden) Haare, zerſtreut auch in der Rindenſubſtanz entwickelt hatten, während das Haarpigment erhalten war. Dieſe Luftbläschen verliehen dem Haare den exquiſit grauen Schein.»

In ſehr ſeltenen Fällen hat man auch ein intermittirendes Ergrauen der Haupthaare beobachtet, ſo daß das Haar in Abſtänden von etwa 1 mm abwechſelnd hell und dunkel geringelt war. *Landois* fand auch in einem derartigen Falle die hellen Stellen von einer reichlichen Entwickelung kleiner Luftbläschen im Markcanale und dem umgebenden Rindenbezirke herrührend, während das Pigment wohl erhalten war.

Das dem blendendweißen Schneekleide arktiſcher Formen gleichende Winterkleid einiger anderen Säugethiere und Vögel entſteht nach einigen Autoren gleichfalls durch Verfärbung, nicht in Folge einer Härung reſp. Mauſer; iſt dieſe Auffaſſung richtig, ſo würde noch feſtzuſtellen ſein, ob dabei (wie bei den Haaren der Greiſe) ein wirklicher Schwund des meiſt dunkelen Pigmentes oder nur eine Maskirung desſelben, vielleicht (ebenſo wie in den plötzlich ergrauten Haaren) durch Luftporen, welche ſich im Marke anhäufen, eintritt. Hierhin zählt auch die von *J. Reinhardt*[108]) gemachte Beobachtung, daß das Männchen von Chasmorhynchus nudicollis, einer braſilianiſchen Cotengide, ſein grünliches, unten gelb gefleckte Jugendkleid in das ſchneeweiße des alten Vogels umändert; die weiße Farbe iſt nach *Reinhardt* das Reſultat einer Verfärbung, aber ſoweit er beobachten konnte, erfolgt ſie nur einmal, nämlich beim Uebergang vom Jugendkleide zum Gefieder des alten Vogels, denn wenn der alte weiße Vogel ſpäter wieder mauſert, ſind die neu hervorſproſſenden Federn rein weiß. Das von *Chr. L. Brehm* beobachtete Verſchießen des Jugend- wie des ausgefärbten Kleides bei Milvus parasiticus, das Verbleichen der Federn beim Habicht und bei ſämmtlichen Geiern (mit alleiniger Ausnahme von Gyps Ruppelii, bei dem das Gefieder mit zunehmendem Alter bunter wird) beruht gewiß nur auf einer durch das Licht hervorgerufenen Zerſtörung des Pigmentes.

Die mir geglückten Umwandlungen natürlich vorkommender Pigmente in einander, wie z. B. die des Turacins in Turacoverdin

(ohne Anwendung irgend eines Mittels, über welches der lebende Organismus nicht ſelbſt verfügte), des Turbobrunins in Biliverdin, des Comatulins in die braunen oder gelblichen Farbſtoffe gewiſſer Antedon-Varietäten, des violetten in den rothen Acrocladienfarbſtoff und umgekehrt, bieten ebenſo wenig wie die künſtlich erzeugten Veränderungen des Hämoglobins genügende Anhaltspunkte dar, welche die natürliche Umbildung der Pigmente in loco aufklären könnte; ſelbſt den, unter natürlichen Bedingungen ſich ſo leicht vollziehenden Umfärbungen der Lipochromoïde ſtehen wir, wenn es die Erſcheinungen zu deuten gilt, noch ziemlich rathlos gegenüber. Manche Verſchönerung der Farbe mag in bereits angedeuteter Weiſe durch eine, ſeitens der Organe ſtattfindenden Fettaufnahme bedingt werden, aber auch dieſes Moment reicht für die Erklärung vieler Erſcheinungen keineswegs aus. Und nicht nur ſehen wir die Pigmente in den Geweben an Maſſe zunehmen oder aus dieſen verſchwinden, nicht nur ſich in andere transformiren, ſondern auch in Theilen, welche aller Lebensſäfte baar zu ſein ſcheinen, regt ſich bisweilen die ſtoffbildende Kraft von Neuem, um alte Farben wieder zu erzeugen oder zuvor noch gar nicht dageweſene zu bilden. Das lichte Blau der Augen iſt bei den neugebornen Säugethieren gewöhnlich nur von kurzem Beſtande und in ſeltenen Fällen von Retinitis pigmentoſa färbt ſich auch die Linſe wachsgelb, ja ſogar mahagonibraun. Am merkwürdigſten ſind aber auch in dieſer Beziehung die Erſcheinungen, welche ſich am Gefieder der Vögel abſpielen, ſowohl bei denjenigen, deren anfangs helle Federn ſich an gewiſſen Körperſtellen (ſo z. B. an der Kehle bei Charadrius auratus, am Kopfe bei Larus minutus) erſt ſpäter ſchwarz färben oder welche ihr weißes Winterkleid gegen das dunkle Sommerkleid vertauſchen, was ſelbſt bei den Schmechühmern durch eine Verfärbung des Gefieders und nicht durch Mauſer zu erfolgen ſcheint, wie auch bei den Muſophagiden, welche den ausgewaſchenen Purpurfarbſtoff

ihren Federn auf's Neue einzuverleiben wiſſen. Nichts wäre intereſſanter als zu erfahren, wie ſich im erſteren Falle die Wiederherſtellung der temporär verſchwundenen dunkeln Farbentöne, in letzterem wie ſich die Regeneration (unter oder ohne Nerveneinfluß) des Turacins vollzieht.

Eine der auffälligſten Erſcheinungen iſt die Ausbildung des ſog. Hochzeitskleides bei den Vögeln; dieſe äußert ſich jedoch in ſehr mannigfacher Weiſe. Bei den Hühnerarten ſchwellen die Kämme und Augenpolſter an, womit eine Erhöhung der Farbe dieſer Theile verbunden iſt. Ein Taucher (Colymbus septentrionalis), der Staar, die Ammern, die Lerchen und ſehr viele Finkenarten helfen ſich beim Anlegen ihres Hochzeitsputzes einfach damit, daß ſie von ihrem düſteren Winterkleide die grauen Spitzen und Ränder der einzelnen Federn abwerfen und in Folge deſſen zuvor bedeckt gelegene und ſo vor Abnutzung geſchützte Theile der Federn ſichtbar werden. Bei anderen Vogelarten aber (zu welchen die Fliegenſchnäpper [nach *Martin* Muscicapa collaris, M. atricapilla und M. parva], wahrſcheinlich auch mehrere Droſſel- wie Entenarten [nach *Schlegel* z. B. Anas carolinensis und A. galericulata] gehören), welche es zu dieſem Kunſtgriffe noch nicht gebracht haben, findet, wenn die Hochzeit naht, eine geſteigerte Säftezufuhr zu den Federn ſtatt, und das bis dahin ſchlecht ernährte Gefieder gewinnt in Folge deſſen den verſchwundenen Glanz und das Luſtre wieder, mit denen es in längſt vergangener Jugendblüthe prangte.

Conſtanz der ſpecifiſchen Stoffwechſelproducte, ſpeciell der Farbſtoffe.

Bei Beurtheilung aller Färbungsverſchiedenheiten, welche auf individuellen, ſexuellen oder auf Raſſeneigenthümlichkeiten beruhen, mögen dieſelben (wie z. B. an den menſchlichen Haaren oder wie an den Federn von Eclectus polychlorus) noch ſo überraſchend in ihrem Effecte ſein, wird man nie zu vergeſſen haben, daß alle derartigen Differenzen nur durch den Ausfall eines Pigmentes (unvollſtändiger Albinismus) oder durch ſtructurelle Verſchiedenheiten

der Organtheile oder endlich dadurch zu Stande kommen können, daß es bei der Bildung einer definitiven Farbſtoffſubſtanz nur bei Vorſtufen derſelben bleibt; die chemiſchen Eigenthümlichkeiten einer Zelle, die ſynthetiſchen Proceſſe in ihr werden durch die Factoren, welche das Individuum, die Sexualität oder die Raſſe beſtimmen, ſo viel wir wenigſtens bis jetzt wiſſen, nicht tangirt. Niemals iſt es möglich geweſen, die ſpecifiſchen Stoffwechſelvorgänge einer Zelle in gravitirender Weiſe umzugeſtalten oder dieſelben von ſelbſt ſich verändern zu ſehen. Wie ich in meinem erſten Vortrage ausführte, handelt es ſich, abgeſehen von den, in ſehr weiten Grenzen ſchwankenden rein morphologiſchen Verhältniſſen, die, wie *Claude Bernard* bewies, ſtreng biologiſch nichts bedeuten, bei allem, was Kunſt und Natur unter unſeren Augen als Abänderungen ſchuf, nur um ein Plus oder Minus des Normalen, nicht um Außergewöhnliches. Auf dieſen Satz gründete ehemals *Rudolf Virchow* den Bau der modernen Pathologie, und derſelbe trägt in gleicher Weiſe auch die vergleichende Phyſiologie unſerer Tage.

Ebenſowenig wie ſich Taurin ſtatt des Kreatins in den menſchlichen Muskeln, ebenſowenig wie ſich ein Lipochrom ſtatt des Uranidins bei den Myxomyceten bildet, oder Melanine ſtatt der Floridine bei Hircinia variabilis entſtehen, vermag das menſchliche Haar einen grünen Farbſtoff zu erzeugen; was jüngſt Derartiges gefabelt wurde, beruht entweder auf der, S. 158 erwähnten Kupferfärbung oder auf einer ähnlichen Pigmentirung, welche aus *Gellert*'s Gedichte vom grünen Eſel jedermann bekannt iſt. Das Beiſpiel von Eclectus polychlorus[109]) beweiſt, daß die Sexualität beſtimmend werden kann für die Art des entſtehenden Lipochromoïdes; zahlreiche andere Formen lehren fernerhin, daß individuelle Einflüſſe die Lipochromoïde reſp. die Melanoïde zwiſchen gelb, roth bis braunſchwarz variiren laſſen, und in den Farbenabweichungen der menſchlichen Haare beſteht eine entſprechende

Skala für das Melanin mit ſeinen Vorſtufen reſp. ſeinen Abkömmlingen. Die Macht der Individualität, der Sexualität und der Raſſeneigenthümlichkeiten reicht aber nicht einmal ſo weit, an Stelle des Melanins das Hämoglobin oder ein echtes Lipochrom treten zu laſſen, ja bei den Wirbelthieren zeigt ſich ſelbſt die Abgrenzung der chlorophan- und rhodophanartigen Pigmente ſo beſtändig, daß individuelle oder ſexuelle Unterſchiede ſie nicht mehr verwiſchen.

Farbſtoff und Färbung.

Semper iſt einer von den wenigen Zoologen geweſen, der zwiſchen Färbung und Farbſtoff ſtreng zu unterſcheiden wußte. In ſeinen «Natürlichen Exiſtenzbedingungen der Thiere» (Leipzig 1880. Th. II. S. 231) ſagt er: «Daß die Zuchtwahl unter keinen Umſtänden das Pigment, den eigentlichen Farbſtoff ſelbſt, zu erzeugen vermag, iſt einleuchtend. Die Entſtehung der Pigmente muß abhängen von phyſiologiſchen Proceſſen im Körper jedes Individuums, welche für das geſunde Leben dieſes einzelnen Thieres von hoher Bedeutung zu ſein ſcheinen. Die beſtimmte Art ihrer Vertheilung auf der Haut wird ſomit zunächſt ganz allein durch innere, im Thiere ſelbſt thätige Urſachen bewirkt werden müſſen; ſie kann dabei von Anfang an eine regelmäßige oder ganz ungeordnete ſein, und dies wird davon abhängen, ob die inneren phyſiologiſchen Urſachen die Ablagerung der Farbſtoffe in die Haut in gewiſſe Bahnen leiten oder nicht. Sind dieſe Bahnen ſehr ſcharf beſtimmt, ſo wird natürlich auch die Farbenvertheilung eine ſehr regelmäßige ſein müſſen, und viele der ſo ungemein charakteriſtiſchen Zeichnungen bei den Actinien, Steinkorallen, Schnecken- und Muſchelſchalen dürften auf ſolche Weiſe entſtanden ſein.» Daß natürlich da, wo Pigmentzellen unter directem oder indirectem Nerveneinfluß ſtehen, auch nervöſe Einflüſſe an den Färbungen bemerkbar werden, kann ebenſowenig überraſchen, als daß ſich der Muskel durch Arbeit ſtärkt, durch geiſtige Anſtrengungen der Geſichtsausdruck ſich verfeinert.

Auch noch heute fragen ſich viele, wenn ſie eine weiße Katze auf einer weißen Mauer, und einen ſchwarzen Kater auf einem ſchwarzen Dache ſehen, warum der Kater in dieſem Falle ſchwarz und die Katze in jenem Falle weiß iſt. Eine Erklärung iſt bald gefunden; denn läßt die Vererbung im Stiche, ſo muß das Geſetz der Anpaſſung helfen. Andere glauben wiederum, der Wiſſenſchaft dadurch einen Dienſt zu erweiſen, wenn ſie die mannigfachſten Farbſtoffgemiſche mit recht vielen Reagentien tractiren; ich befand mich ſeiner Zeit in der mir allerdings unangenehmen Lage, in letzterer Art ſelbſt thätig ſein zu müſſen, allein, wie ich wohl behaupten darf, indem ich ſehr eklektiſch vorging und nur das als Unterſuchungsmaterial auswählte, an welchem ſich allgemeinere Geſichtspunkte gewinnen reſp. deren Richtigkeit erproben ließ. Ich prüfte nicht, wie ſo mancher nach mir, Alles, was ich gerade auf dem Wege fand! Jetzt, wo man ſowohl viele ſehr hübſche Beiſpiele kennt, welche von einer Schutzfärbung Zeugniß ablegen, wo man fernerhin, wie das Vorgetragene lehren dürfte, über die thieriſchen Farbſtoffe im Allgemeinen orientirt iſt, und die Lücken, welche die Allgemeinbetrachtung laſſen mußte, nur von kundiger Seite ausgefüllt werden können, erſcheinen alle Arbeiten im gerügten ein oder andern Sinne nicht nur überflüſſig, ſondern als literariſcher Ballaſt überhaupt verwerflich. Wer als Zoologe die Sache ernſtlich fördern will, mag die albinotiſchen Formen anatomiſch und hiſtologiſch eingehend ſtudiren, wer als chemiſcher Phyſiologe ſich an dem weiteren Ausbau einer vergleichenden Chromatologie erfolgreich zu betheiligen gedenkt, mag die einzelnen Farbſtoffe rein darzuſtellen, zu analyſiren und ihre chemiſche Conſtitution zu ergründen verſuchen, und wer der Viviſection Herr iſt, mag ſehen, wie Nerv, Ernährung und Licht auf die Pigmentbildung wirken. Von alledem, was ſich ohne Aufwand ſonderlicher Mühe über die thieriſchen Pigmente in Erfahrung bringen läßt, iſt, ſoviel wie Noth thut, jetzt bekannt.

Wir haben uns ſtets zu vergegenwärtigen, daß die Farbſtoffe nicht nur vom äſthetiſchen Geſichtspunkte aus den übrigen Beſtandtheilen des Organismus an Intereſſe etwas voraus haben, ſondern daß ihr Studium wegen der Sicherheit und Genauigkeit der zur Erkennung und Charakteriſtik der Pigmente dienenden Methoden auch der chemiſchen Phyſiologie vorläufig weit mehr neue Anſchauungen und wichtige thatſächliche Ergebniſſe zuwenden kann, als die Unterſuchung irgend einer andern Claſſe animaliſcher Stoffwechſelproducte. Kein Studium verdient deshalb ein ſo intenſives zu werden, wie das der Farbſtoffe und der Farben. Bedeutung der Farbſtoffanalyſen.

Am räthſelhafteſten bleibt jedenfalls noch die Thatſache, daß ein ſcharf charakteriſirtes Stoffwechſelproduct (wie z. B. Bonelleïn, Turacin oder die Carminſäure), wie es ſcheint, ein Selbſterwerb nur weniger Thierformen iſt, daß dieſes auf wenige Species oder wenige Thierfamilien im Vorkommen beſchränkt iſt. Dieſe Erſcheinungen zu deuten, hatte *Mofeley*[110]) unternommen; aber wenn er glaubt, dieſelben durch den Hinweis, daß das Kupferſulfat blau iſt, und dieſem entſprechend conſtituirte Kupferſalze nicht blau gefärbt ſind, verſtändlicher gemacht zu haben, ſo befindet er ſich in einem großen Irrthum; denn ſämmtliche Pigmente, welche dieſen beſchränkten Verbreitungsbezirk beſitzen, ſind ſo eigenartige Producte, daß man nicht erwarten kann, ihnen nahe Verwandtes ganz allgemein zu finden. Lehrt doch das von *Mofeley* ſelbſt herangezogene Beiſpiel mit Evidenz, daß wo ſich überhaupt intenſivere Färbungen zeigen, ſei es in der lebenden oder in der todten Natur (ich erinnere auch an die Chrom- und Kobaltverbindungen), faſt alle Subſtanzen mit dem nämlichen Radicale oft wohl anders, aber immerhin doch exquiſit gefärbt erſcheinen.

Anmerkungen und Literaturnachweiſe.

[1]) Ueber das Zoonerythrin (Tetronerythrin) vgl.: *Bogdanow,* Compt. rend. T. 45. 1857. p. 688—690 u. Journal f. Ornithologie von *Cabanis.* VI. Jahrg. 1858. S. 311—312; *Wurm,* Zeitſchr. f. wiſſ. Zoolog. Bd. 31. 1871. S. 535—537; *Krukenberg,* Centralbl. f. d. medic. Wiſſ. 1879. Nr. 40, Vergl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 67—71, III. Abth. S. 114—115, IV. Abth. S. 30—35, V. Abth. S. 87—94, II. Reihe. I. Abth. S. 165—167 und III. Abth. S. 135.

[2]) Wichtigere Literatur über die Lipochrome:

Carotin: *Wackenroder, Geiger*'s Magazin. Bd. 33. 1832. S. 144; *Zeiſe,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 62. S. 380; *Th. Huſemann,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 117. S. 200.

Luteïn und pflanzliche Lipochrome: *Marquart,* Die Farben der Blüthen. Bonn. 1835; *Fremy* u. *Cloëz,* Journ. f. pract. Chem. Bd. 62. S. 269; *Filhol,* Compt. rend. T. 39. p. 194, T. 50. p. 545 u. 1182; *Piccolo* u. *Lieben,* Giornale di scienze naturali ed economiche. Palermo. 1866. II. Jahrg. Vol. II. S. 258; *Holm* u. *Stædeler,* Journ. f. pract. Chem. Bd. 100. 1867. S. 142; *Städeler,* ibid. S. 149; *Thudichum,* Centralbl. f. d. medic. Wiſſ. 1869. S. 1; *Kühne,* Unterſ. aus dem phyſiol. Inſtitut d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. 1882. S. 249—252; *A. Hanſen,* Sitzungsber. d. phyſik.-medic. Gefellſch. zu Würzburg. 1883.

Chromophane: *G. Schwalbe,* Handb. d. geſ. Augenheilkunde von *Græfe* u. *Sæmiſch.* Bd. I. 1874. S. 414; *St. Capranica,* Arch. f. Anat. und Phyſiol. Phyſiol. Abth. 1877. S. 283—296; *Kühne,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. 1878. S. 341—369, Bd. IV. 1882. S. 169—248.

Lipochrome der wirbelloſen Thiere: *Göbel,* Schweigger's Journal. Bd. 39. 1823. S. 426—431; *v. Wittich,* Arch. f. path. Anat., Bd. 27. 1863. S. 573—575; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. 1882. S. 1—115.

Auf das Vorkommen luteïnartiger Körper im Pflanzenreiche mit Beſtimmtheit hingewieſen zu haben, iſt das Verdienſt *Thudichum*'s, während der ſtricte Beweis für die weite Verbreitung der Lipochrome im Thierreiche erſt durch meine Unterſuchungen erbracht wurde; nur unklare Ideen ſprach zuvor *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la physiol. T. XII. 1876.) aus und zu unbe-

gründeten Behauptungen verftieg ſich *C. de Merejkowsky* (Compt. rend. T. 93. 1881. p. 1029 u. Bull. de la soc. zool. de France. 1883.), welcher deshalb auch die allerverſchiedenartigſten Pigmentkörper zuſammenwarf.

Die Blaufärbung der rothen Fettfarbſtoffe durch conc. Schwefelſäure kannte bereits *v. Wittich* (1863), welcher ſie an den erhaltenen rothen Kryſtallen aus Euglena sanguinubra auftreten ſah. Die Veranlaſſung, dieſen Verſuch anzuſtellen, war eine Mittheilung von *Buchholtz*, «daß in den großen Ganglienzellen einiger wirbelloſen Thiere ein eigenthümlich rothgelber, an Fett gebundener Farbſtoff vorkomme, der durch Schwefelſäure blau gefärbt wird, nach Auswaſchen derſelben aber ſeine frühere Farbe annimmt». Noch weit älteren Datums iſt jedoch die Beobachtung, daß ſich *Marquart*'s Blumengelb (Anthoxanthin) «mit Vitriolöl dunkel-indigblau färbe, welche Farbe in Purpurroth übergeht und durch Waſſer verſchwindet». *Piccolo* und *Lieben* fanden ein nämliches Verhalten beim Luteïn, und *Filhol, Städeler* wie *Thudichum* erkannten, daß conc. Salpeterſäure ganz ähnlich wie conc. Schwefelſäure auf die Lipochrome einwirkt. Die Jodreaction wurde zuerſt von *Schwalbe* an den farbigen Kugeln in den Zapfen der Vogel- und Eidechſenretina erhalten. «Die verſchiedenen Farbſtoffe dieſer Gebilde», ſo bemerkt *Schwalbe* (l. c., S. 414), zeigen eine höchſt auffallende Reaction. Auf Jodzuſatz färben ſich ſowohl die rothen wie die gelben Kugeln ſchön blau, die rothen faſt blauſchwarz, die gelben erſt grün, dann blaugrün und ſchließlich rein blau. Die farbloſen Kugeln zeigen dieſe Reaction nicht; wo an ihnen eine mattgrüne oder bläuliche Färbung wahrzunehmen iſt, kann man auf Spuren von Farbſtoff ſchließen.» Daß die Lipochrome ſtickſtofffrei ſind, machten bislang nur die gründlichen Arbeiten über das Carotin zur Gewißheit. Für thieriſche Lipochrome wurde ein Fehlen des Stickſtoffs ſchon 1823 von *Göbel* an den Farbſtoffen der Vogelhaut wie bei Krebſen beobachtet, und die Unterſuchungen von *Maly* wie von *Kühne* beſtätigten ſeine Angabe.

Erſt durch *Kühne*'s bahnbrechende Arbeiten über die Chromophane wurden Handhaben gewonnen, die Lipochrome von den übrigen Pigmenten, den Fetten u. ſ. w. zu trennen, die einzelnen Glieder dieſer Farbſtoffreihe von einander zu ſcheiden und durch ihr ſpectroſkopiſches Verhalten, durch ihre differente Lichtempfindlichkeit etc. ſcharf zu charakteriſiren. Viele ſpätere Unterſucher (z. B. *Wälchli, Merejkowsky, Mac Munn, Tſchirch*) haben ſich dieſe wiſſenſchaftlichen Errungenſchaften allerdings nicht anzueignen verſtanden und ſcheinen den Anforderungen, welche die Jetztzeit an Farbſtoffunterſuchungen ſtellt, auch nicht gewachſen zu ſein.

[3]) *Kühne*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. S. 213.

[4]) *Kühne*, ibid. S. 213.

[5]) *A. Kundt*, Ann. d. Chem. u. Phyſik. 1874. Jubelband. S. 615–624.

[6]) *Kraus*. Zur Kenntniß der Chlorophyllfarbſtoffe. Stuttgart. 1872. S. 53.

[7]) Vgl. *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 114.

[8]) Ein rhodophanartiges Pigment ſcheint ſchon 1863 von *v. Wittich* aus Euglena sanguirubra und ein chlorophanartiges 1876 von *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la phyſiol. T. XII. p. 12.) aus Hummer im kryſtalliſirten Zuſtande erhalten zu ſein. Kryſtalliſirtes Luteïn wurde zuerſt von *Piccolo* und *Lieben,* ſpäter von *Thudichum* u. A. dargeſtellt, das Eläochrin und Lecithochrin zum Kryſtalliſiren zu bringen, gelang *Kühne,* und unzweifelhafte Kryſtalle von Chlorophyllgelb ſah ich bei *Hanſen.* Schon 1849 beobachtete *Zeiſe* die rubinrothen Kryſtalle des Carotins.

[9]) *Bunſen,* Ann. d. Phyſik u. Chemie. Bd. 128. 1866. S. 100—108.

[10]) *Kühne,* l. c., S. 204.

[11]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 71 Anm. 1.

[12]) Vgl. *Kühne,* l. c., S. 205 Anm. 1 u. S. 252.

Die ſo häufig, aber ſtets ohne Quellenangabe erwähnte Beobachtung *Chevreul*'s, daß im Hühnereidotter ein rother Farbſtoff den gelben begleite, findet ſich im «Dictionnaire des sciences naturelles. T. 35. 1825. Article: Oeufs d'oiseaux. p. 444», und lautet folgendermaßen: «Le jaune d'oeuf. On y admet généralement, 1. De l'albumine; 2. Une matière grasse . . .; 3. Une partie colorante, qui me paroît formée de deux principes colorans, un de couleur jaune et un autre de couleur rouge: le premier semble avoir quelque analogie avec le principe colorant jaune de la bile».

[13]) *Krukenberg,* Centralbl. f. d. medic. Wiſſenſch. 1883. S. 785—788.

[14]) Literatur über die Melanine:

Schloßberger, Chemie der Gewebe. Leipzig u. Heidelberg. 1856. S. 147. ff.; *Scherer,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 40. S 63; *Heintz,* Arch. f. path. Anat. Bd. 3. S. 477; *Hoſäus,* Arch. d. Pharm. Bd. 120. 1861. S. 27; *Dreßler,* Prager Vierteljahrsſchr. Bd. 101. 1869. S. 59; *Roſow, Gräfe*'s Archiv. f. Ophthalmol. Bd. IX. Abth. 3; *K. Mays,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 324; *R. Hodgkinſon* u. *Sorby,* Journ. Chem. Soc. London. 1877. p. 427; *P. Girod,* Compt. rend. T. 93. p. 96 u. Arch. de zool. exp. et gén. T. X. 1882. p. 1—100.

Auf Grund ſeiner Beobachtungen an Froſchlarven nimmt *Hoppe-Seyler* (Arch. f. path. Anat. Bd. 9.) an, daß anfänglich pigmentloſe Zellen dadurch pigmenthaltig werden, daß ſie ſich durch einen Ausläufer mit den Capillargefäßen in Communication ſetzen und auf dieſe Art und ohne Extravaſat oder Infiltration Blut in ſie gelange, deſſen Körperchen in den Zellen dann zu Grunde gehen und das Pigment frei werden laſſen; dieſes metamorphoſire ſich allmählich zu Melanin.

[15]) Bei Fröſchen, die 18 Tage lang in reinem Sauerſtoffgaſe geathmet hatten, will *Moleſchott* (cf. *Schloßberger*, l. c. S. 172.) ein Verſchwinden des ſchwarzen Hautpigmentes beobachtet haben. Daß Licht und Wärme eine

Bräunung der Haut, Kälte eine Entfärbung der Haare zur Folge hat, lehren zahlreiche Beobachtungen zur Genüge, die aber experimentell und planmäßig weiter zu verfolgen ſchwer ſein wird.

[16]) Die Literatur über die Uranidine findet ſich zuſammengeſtellt in meinen Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 41—56. Vgl. dazu: *Fredericq*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 3 sér. T. I. 1881. p. 487—490.

[17]) *B. Haller*, Arb. a. d. zoolog. Inſt. d. Univ. Wien, Bd. IV. Heft 3. 1882. S. 341 ff.

[18]) Cf. meine Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. Taf. 3, II. Reihe. II. Abth. S. 65.

[19]) *A. Kundt*, Ann. d. Phyſik u. Chemie. Bd. 142, 143 (1871), 144, 145 u. 146 (1872).

[20]) *Kühne*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. IV. S. 195.

[21]) Vgl. *C. Bojanowski*, Zeitſchr. f. wiſſ. Zoolog. Bd. 12. 1863. S. 312—335.

[22]) Cf. *Hoppe-Seyler*, Handbuch d. phyſiol.- u. path.-chemiſchen Analyſe. 5. Aufl. Berlin. 1883. S. 290 ff.

[23]) Nach *Moſeley* (Quart. Journ. of mikr. Scienc. New Ser. Vol. XVII. 1877. p. 18.) ſcheint auch bei dem durchſichtigen Fiſche Plagusia das Hämoglobin zu fehlen.

[24]) Vgl. meinen Grundriß der medic.-chemiſchen Analyſe. Heidelberg. 1884. S. 58.

[25]) Eine Anſicht *Hoppe-Seyler's* (cf. *Salkowski-Leube*, Die Lehre vom Harn. Berlin. 1882. S. 249.). Seitdem ich mich ſelbſt mit dem ſog. Methämoglobin eingehender zu beſchäftigen angefangen habe, komme ich jedoch, trotz der vielen über dieſen Körper vorliegenden Arbeiten immer mehr zu der Einſicht, daß derſelbe nur ein, durch Hämatin verunreinigtes Oxyhämoglobin iſt. Auch die Abweichungen in den Angaben der einzelnen Unterſucher, nach welchen das Oxyhämoglobin durch Trypſin anfangs in Methämoglobin (*Kühne*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 342, Anm. 1), oder in Hämochromogen (*Hoppe-Seyler*, Handb. d. phyſiol.- u. path.-chem. Analyſe. 5. Aufl. 1883. S. 308) verwandelt wird, dürften dieſer Auffaſſung nicht wenig günſtig ſein.

[26]) *Krukenberg*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 18 ff. u. Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 181—191.

[27]) *Hoppe-Seyler*, Handb. d. phyſiol.- und path.-chem. Analyſe. 3. Aufl. S. 180; *Ellt*, Oeſterr. Vierteljahrsſchr. f. wiſſ. Veterinärkunde. Bd. 36. Heft 1.

[28]) Cf. *Krukenberg*, Die Farbſtoffe der Vogeleierſchalen. Würzburg. 1883.

[29]) *Krukenberg*, Centralbl. f. d. medic. Wiſſenſch. 1883. S. 785.

[30]) Vgl. *Kunkel*, Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. Bd. V. S. 40—56.

[31]) *E. Hodek* u. *Krukenberg*, Mitth. des ornithol. Vereines in Wien. Jahrgang VII. 1883. Nr. 2; *E. F. v. Homeyer*, ibid. Nr. 3 u. 4; *E. Hodek*, ibid. Nr. 4

Kürzlich unterwarf ich auch noch den Reſt der in meinem Beſitze be-

findlichen Federfahnen deſſelben Lämmergeiers, die aber weit ſchwächer als die zu den erſten beiden Analyſen verwendeten gefärbt waren, einer quantitativen Eiſenbeſtimmung. 1,293 gr. der zuvor bei 100° *C.* anhaltend getrockneten Federfahnen lieferten 0,0413 gr. Eiſenoxyd (= 3,20 % Fe_2O_3), welches vor der Wägung von Kieſelſäure (durch abwechſelndes Eindampfen und Aufnehmen mit Salzſäure), Thonerde (durch Auskochen mit Natronlauge) und allen, in Waſſer löslichen Salzen (durch Auskochen mit Waſſer) aufs Sorgfältigſte befreit war.

[32]) Die Literatur über die Reſpirationsfermente findet ſich zuſammengeſtellt in meinen Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 66—123, V. Abth. S. 49—57, II. Reihe. I. Abth. S. 87—138, III. Abth. S. 1—61.

[33]) Ueber die Floridine ſiehe meine Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 22—40.

[34]) *Sorby,* Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. XI. 1871. p. 352—361. Schon von *Kuhlmann* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 9. S. 286) war angegeben, daß ſich Cochenilledecoct durch reducirende Mittel (am raſcheſten durch Zink und Salzſäure, langſamer durch Schwefelammon oder Eiſenoxydulhydrat) entfärbe, an der Luft aber ſeine Farbe wieder annehme. Ein nämliches Verhalten zu Schwefelwaſſerſtoff zeigen auch *Schützenberger*'s Carminſäuren (Compt. rend. T. 46. p. 47, N. Ann. de Chim. et de Phyſik. T. 54. p. 52), von denen die Cochenille zwei oder mehrere (deren einer die Formel $C_{18}H_{16}O_{10}$ mit Wahrſcheinlichkeit zukommt, während die anderen vielleicht nach den Formeln $C_{18}H_{16}O_{12}$, $C_{18}H_{16}O_{13}$ und $C_{18}H_{16}O_{14}$ zuſammengeſetzt ſind) nach dieſem Forſcher enthalten ſoll.

[35]) Ueber das Chlorocruorin vgl. meine Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 16 und die daſelbſt erwähnten Schriften.

[36]) Cf. meine Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 63—69.

[37]) *Mac Munn,* Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. III. 1883. p. 351—407.

[38]) *A. Hanſen,* Sitzungsb. d. phyſik.-medic. Geſ. zu Würzburg. 1883. u. Arbeiten des botaniſchen Inſt. in Würzburg. Bd. III. Heft 1. 1884.

[39]) Literatur über die vermeintlichen Chlorophyllnachweiſe bei wirbelloſen Thieren:

v. Siebold, Zeitſch. f. wiſſ. Zool., Bd. I. S. 274; *F. Cohn,* ibid., Bd. III. S. 264; *M. Schultze,* Compt. rend., T. 34. 1852. p. 683—685; *Ray-Lankeſter,* Journ. of anat. and phyſiol. Vol. II. 1868. p. 114, Vol. IV. 1870. p. 126, Quart. Journ. of mikr. Science Vol. 14. p. 400, Vol. 19. p. 434, Vol. 22. p. 229, Nature Vol. 27. Nr. 682. p. 87; *Sorby,* Quart. Journ. of mikr. Science 1871. p. 352, ibid. Vol. 15. 1875. p. 47; *Cl. Bernard,* Leçons sur les phén. de la vie. T. I. 1878. p. 209 ff.; *de Negri,* Ber. d. d. chem. Geſ. IX. Jahrg. 1876. S. 84; *P. Geddes,* Compt. rend. T. 87. p. 1005, Proc. of the r. Soc. Vol. 28. p. 449,

Arch. d. zool. exp. et gén. T. 8. p. 51; *Engelmann*, Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 25. 1881. S. 285—292; *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. IV. 1883. S. 191—302.

[40]) Vollſtändige Literatur über das Bonelleïn in meinen Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 70.

[41]) *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 73—76, III. Abth. S. 62—64.

[42]) *Pocklington*, Pharm. Journ. Transact. T. III. p. 681 u. 949.

[43]) *Mac Munn*, l. c., p. 387.

[44]) *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 104 ff.

[45]) *Kühne*, Unterſ. aus dem phyſiol. Inſtitut d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 341—369 u. Bd. IV. S. 169—248.

[46]) *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. IV. S. 191—302 u. Arch. f. Phyſiologie. 1883. S. 445—454.

Die von *Vosmær* und *Brandt* mit ſo großem Aufwande an Zeit und Mühe zuſammengeſuchten Literaturangaben, welche die Anweſenheit pflanzlicher Stärke bei Spongien beweiſen ſollen, beſagen gleichfalls nichts; denn in den meiſten, wenn nicht in allen Fällen haben die Unterſucher das Eintreten der *Schwalbe*'ſchen Lipochromreaction auf Amylum bezogen. Stärkehaltige wäſſrige Auskochungen, an welchen dieſe Subſtanz allein ſicher erkannt werden könnte, habe ich (Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 55 ff.) vielleicht ausſchließlich, jedenfalls zuerſt aus Spongien zu erhalten verſucht, jedoch mit negativem Erfolge.

[47]) Vgl. *Kühne*, l. c., Bd. IV. S. 192 u. 193.

[48]) *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 72—87.

[49]) Eine von *R. Sachſſe* (cf. *A.* und *Th. Hufemann*, Die Pflanzenſtoffe. 2. Aufl. Berlin. 1882. S. 248 u. 249) vertretene Anſicht.

[50]) Nach unpublicirt gebliebenen Unterſuchungen von *Hanſen*.

Die von *Marquart* und *Hanſen* aufgedeckten Beziehungen zwiſchen den rothen, violetten und blauen Pflanzenfarbſtoffen laſſen ſich folgendermaßen überſichtlich gruppiren:

Es gehen über:	in Roth	in Violett	in Blau
Roth		1) Durch Eiſenoxyd- oder Eiſenoxydulſalze. 2) Durch kleine Mengen von Na_2HPO_4	Durch größere Mengen von Na_2HPO_4
Violett	Durch HCl, H_2SO_4 wie organiſche Säuren		Durch größere Mengen von Na_2HPO_4
Blau	Durch Säuren	Durch Spuren ſchwacher Säuren	

[51]) Bislang nicht publicirt.

[52]) Literatur über das Vorkommen der fraglichen Indigofarbſtoffe bei wirbelloſen Thieren:

Bizio, Journ. de chim. médic. T. 10. p. 99; *de Lacaze-Duthiers,* Ann. d. scienc. nat. IV. sér. T. 12. 1859. p. 5—84; *de Negri,* Ber. d. d. chem. Geſ. IX. Jahrg. 1876. S. 84 u. X. Jahrg. S. 1099: *Schunck,* ibid. XII. Jahrg. 1879. S. 1358 u. XIII. Jahrg. S. 2087; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 62.

[53]) Literatur über das angebliche Vorkommen von Anilinfarbſtoffen im Thierreiche:

Blaue und rothe Schizomycetenfarbſtoffe: *Erdmann,* Journ. f. pract. Chem. Bd. 99. 1866. S. 385—407; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 43—47; *F. Neelſen,* Beitr. z. Biolog der Pflanzen, herausg. von *Cohn.* Bd. 3. 1880. S. 187—248; *G. W. Schneider,* Bot. Zeitung. 1873. S. 406; *O. Helm,* Arch. d. Pharmac. 1875. S. 19—24; *Ray-Lankeſter,* Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 13. p. 408.

Farbſtoffe der Aplyſien: *M. Ziegler,* Journ. f. pract. Chem. Bd. 103. 1868. S. 63; *Moſeley,* Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 12—14; *Mac Munn,* Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. III. 1883. p. 392—394.

[54]) Literatur über die objectiven und ſubjectiven Structurfarben: *Röſel,* Inſectenbeluſtigungen. Bd. 3. S. 254; *Gourneau,* Ann. de la soc. entomol. de France. 2 sér. T. I. p. 201 (Lepidopterenſchuppen); *Brewſter,* Philos. Transact. 1814 (Perlen); *Brücke,* Sitzungsb. d. Akad. d. Wiſſ. in Wien, Math.-naturw. Claſſe. Bd. 8. 1852. S. 196 (Octopus), ibid., Bd. 7. 1851. S. 802, Unterſ. über d. Farbenwechſel des Chamäleons (Sonderabdr. a. d. IV. Bd. d. Denkſchr. d. math.-naturw. Claſſe d. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. 1852.) u. Sitzb. d. math.-naturw. Claſſe d. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 43. 1861. S. 177 (Federfarben); *v. Wittich, Müller's* Archiv. 1854. S. 41—59 (Amphibien); *B. Altum,* Journ. f. Ornithol. 1854. S. XIX—XXXV u. Naumannia. Bd. IV. 1854. S. 293—304; *A. Bogdanow,* Journ. f. Ornithol. Bd. VI. 1858. S. 311—312; *V. Fatio,* Mém. de la soc. de physique et d'hist. nat. de Genève. T. 18. 2e part. 1866; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 12 u. S. 14—19; *H. Gadow,* Proc. of the zool. Soc. of London. 1882. p. 409—421; *J. Amory Jeffries,* Bull. of the nuttal ornithol. Club. Boston. Vol. 7. 1882. p. 129—135.

[55]) Wichtigere Literatur über Guaninablagerungen in der äußern Haut, in der Argentea, im Peritoneum etc.:

Barreswil, Compt. rend. T. 53. p. 246; *Voit,* Z. f. wiſſ. Zool. Bd. 15. S. 515; *Kühne* u. *Sewall,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1880, S. 223—235; *A. Ewald* u. *Krukenberg,* ibid. Bd. 4. S. 253—265 u. Zeitſchr.

f. Biologie. Bd. 19. 1883. S. 154—158. Vergl. auch *E. Berger*, Morpholog. Jahrb. v. *Gegenbaur*. Bd. 8. 1882. S. 97—165.

[56]) *Leydig*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12. S. 537; *Ewald* u. *Krukenberg*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 4. S. 261.

[57]) *Ewald* u. *Krukenberg*, Zeitſchr. f. Biologie. Bd. 19. S. 154. Anm. 1.

[58]) *Ewald* u. *Krukenberg*, ibid. S. 154. Anm. 1.

[59]) *G. Pouchet*, Journ. de l'anat. et de la phys. par *Robin*. T. 12. 1876. p. 4.

[60]) Literaturangaben über die Farbſtoffe der Protozoën:

Schicomyceten: vgl. Anm. 53.

Myxomyceten: *J. Reinke* u. *H. Rodewald*, Studien über das Protoplasma. Berlin 1881. S. 43 u. 44; *Krukenberg*, Vergl.-phyſiolog. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 51—53.

Flagellaten: *Salm-Horſtmar*, Ann. d. Phyſik u. Chemie. Bd. 97. 1856. S. 331—333. *v. Wittich*, Arch. f. path. Anat. Bd. 27. 1863. S. 573—575; *P. Geddes*, Quart. Journ. of mikr. Science. January 1882 (Chlamydomyxa labyrinthuloïdes *Arch.*).

Rhizopoden: *Bütſchli*, *Bronn*'s Claſſen u. Ordnungen des Thierreiches. Bd. I. 1880. S. 102.

Infuſorien: *Ray-Lankeſter*, Quart. Journ. of mikr. Science. Vol. 13. 1873. p. 139; *Engelmann*, Onderz. Phyſiol. Laborat. Utrecht. III R. VIII Dl. 1883. S. 147—169.

[61]) Literaturangaben über die Farbſtoffe der Cölenteraten:

Moſeley, Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 1; *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 1—115; *C. de Merejkowsky*, Compt. rend. T. 93. p. 1029 u. Bull. de la soc. zool. de France. 1883.

Anthozoën: *Trommsdorff*, deſſen Journal. Bd. 22. S. 40; *Mac Munn*, Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. 3. 1883. p. 351; *Moſeley*, Quart. Journ. of the mikr. Science. Vol. 13. 1873. p. 143; *K. Brandt*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. 4. S. 191 ff.

Hydromedusen: Cf. die Zuſammenſtellung der Literatur in meinen Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 62 ff. Ferner: *R. Blanchard*, Bull. de la soc. zool. de France. T. 7. p. 181. p. 402. u. Zool. Anzeiger von *V. Carus*. VI. Jahrg. 1883. S. 67; *Krukenberg*, ibid. S. 215.

[62]) Vgl. *Schloßberger*, Chemie d. Gewebe. 1856. S. 163.

[63]) *Witting*, Ann. d. Pharmacie. Bd. I. S. 113.

[64]) *Vogel*, Ann. de Chimie. T. 89. p. 113.

[65]) Nach eigenen, bisher unpublicirt gebliebenen Verſuchen.

[66]) Literaturangaben über die Farbſtoffe der Echinodermen:

Moſeley, Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. p. 1 ff.; *Krukenberg*, Vgl. phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth.; *Mac Munn*, l. c.; *Merejkowsky*, l. c.

[67]) Nicht publicirte eigene Beobachtungen.

68) Literatur über die Farbſtoffe der Ascidien: Cf. meine Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 48—51 u. S. 105—107.

69) Ueber Bryozoënfarbſtoffe (bei Bugula neritina u. Lepralia) cf. meine Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 23—29.

70) Ueber Farbſtoffe der Würmer vgl. die sub 66) angeführten Schriften.

71) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 6—21.

72) Vgl. *Krukenberg,* ibid., I. Reihe. V. Abth. S. 92. Anm. 1. Ueber Färbungen bei Inſecten cf. auch *H. Hemmerling,* Ueber die Hautfarbe der Inſecten. Inaug.-Diſſ. Bonn 1878 u. *H. A. Hagen,* Proceed. of the American Acad. Vol. 17. 1882. p. 234—267.

73) Ueber Aphiden- u. Coccidenfarbſtoffe cf. *H. C. Sorby,* Quart. Journ. of mikr. Science. N. S. Vol. XI. 1871. p. 352—361 u. *Mac Munn,* l. c., p. 385—387. Unpublicirt geblieben ſind meine Verſuche, welche das Vorkommen der Carminſäure bei Coccus polonicus darthun.

Speciell über Carminſäure vgl. die Literaturangaben in *Gmelin-Kraut's* Handbuch der Chemie. Bd. VII. S. 1135 u. ferner: *Hlaſiwetz* u. *Grabowski,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 141. S. 333; *C. Liebermann* u. *v. Dorp,* Ber. d. d. chem. Geſ., Bd. 4. S. 655; *Belhomme,* Compt. rend. T. 43. p. 382.

74) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 104 Anm. 1.

75) Die Farbſtoffe der Infectenlymphe behandeln: *John,* Tableau chimique du règne animal. p. 307; *C. H. Lehmann,* Lehrb. d. phyſiol. Chemie. Leipzig 1853. Th. II. S. 222 ff.; *H. Landois,* Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 14. 1864. S. 55—70; *V. Graber,* Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 64. Abth. I. 1871. Juni-Heft. Cf. fernerhin die Literaturnachweiſe in Note 16.

76) Literaturangaben über die Farbſtoffe der Cruſtaceen:

Cyanokryſtallin: Cf. meine Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 71. *Merejkowsky,* Bullet. de la soc. zool. de France. 1883.

Lipochrome: *Goebel, Schweigger's* Journ. Bd. 39. 1823. S. 426—431; *Fremy* u. *Valenciennes,* Ann. Chim. Phys. T. 50, p. 165; *R. Maly,* Sitzber. d. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 83. Abth. II. 1881. Mai-Heft; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 99 ff.

Maly war nicht der Erſte, der das rothe von dem gelben Cruſtaceenlipochrome trennte; ſchon *Pouchet* (Journ. de l'anat. et de la physiol. T. 12. 1876. p. 10 ff.) war dieſes gelungen.

Leberfarbſtoffe: *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. S. 181 ff.; *Mac Munn,* Proceed. of the r. Soc. 1883. No. 226.

77) *Mac Munn,* Proc. of the Birmingham Philos. Soc. Vol. III. 1883. p. 383; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. III. Abth. Taf. I.

78) Literaturangaben über die Farbſtoffe der Mollusken:

Hämolymphatiſche Farbſtoffe: cf. Heft I dieſ. Vortr., Anm. 34 u. 37, ſowie Verhdl. d. naturhiſt.-medic. Vereines zu Heidelberg. N. F. Bd. 3. Heft 1.

Leber- u. Gallenpigmente: *J. Hazay, Pfeiffer's* Malakozoïſche Blätter, N. F. Bd. 4. 1881. S. 197. Vgl. auch die Angaben in Note 34 u. 76.

Pigmente der Hautſecrete u. der Schalen: *Schloßberger*, Die Chemie der Gewebe. S. 165; *K. B. Hofmann*, Lehrb. d. Zoochemie. Wien 1879. S. 369; cf. die Angaben sub Note 13, 37, 52 u. 53. Meine Unterſuchungen über die Schalenfarbſtoffe ſind in extenso bislang nicht publicirt.

Stäbchenpurpur: *Krukenberg*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 58—61; *V. Henſen*, Zool. Anzeiger. I. Jahrg. 1878. S. 30.

[79]) Auf mehrere dieſer prägnanten Färbungen machte mich Herr Dr. *G. Pfeffer* in Hamburg freundlichſt aufmerkſam.

[80]) Es hat lange gewährt, bis daß die Abſtammung der Gallenpigmente vom Hämoglobin bei den Säugethieren über allen Zweifel erhoben wurde. Das von *Kühne, Frerichs, Neukomm* und *Städeler* beobachtete Auftreten von Gallenfarbſtoff im Harn von Thieren, welchen Gallenſäuren in das Blut injicirt wurden, hatte *Frerichs* Veranlaſſung gegeben, dieſe Erſcheinung im Zuſammenhalte mit gewiſſen anderen Beobachtungen und kliniſchen Erfahrungen in anderer Weiſe zu deuten und anzunehmen, daß die Gallenſäuren im Blute in Gallenfarbſtoff umgewandelt würden. Da nun aber Icterus nicht allein nach Injection von Gallenſäuren, ſondern auch von Waſſer, Ammoniak etc. eintritt, Gallenſäuren auch im Harne Icteriſcher nachgewieſen wurden, und das Bilirubin alter Blutextravaſate ſicherlich aus Hämoglobin hervorgegangen iſt, kann die Theorie von *Frerichs* keine Berückſichtigung mehr finden.

[81]) Vgl. *Schloßberger*, Chemie der Gewebe. 1856. S. 157 u. 158.

[82]) *A. B. Meyer*, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiſſ. zu Berlin. Bd. 24. 1882. S. 517—524.

[83]) *H. Gadow*, l. c.

[84]) Ueber die grünen Farbentöne bei Fiſchen cf. meine Vergl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. III. Abth. S. 139—143.

[85]) *Fremy* und *Valenciennes*, Journ. de Pharm. et de Chim. Sér. III. T. 28. p. 401.

[86]) *Kühne*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 341 ff. u. Bd. IV. S. 169 ff.; *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 43—58 u. III. Abth. S. 138 ff.

Ueber die Retinapigmente der Wirbelthiere (Sehpurpur, Chromophane etc.) liegt eine zuſammenfaſſende Arbeit von *Kühne* (*Hermann's* Handb. der Phyſiologie. Bd. 4. Th. I. S. 235—342) vor, auf welche an dieſer Stelle nur verwieſen werden kann.

[87]) Vgl. die 4 Abhandlungen über die Farbſtoffe der Federn in meinen Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 72—99, II. Reihe. I. Abth. S. 151—171, II. Abth. S. 1—42, III. Abth. S. 128—137; ferner: *A. B. Meyer*,

Mitth. d. Ornitholog. Vereines in Wien. V. Jahrg. 1881. No. 11. S. 83—85 u. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiſſ. zu Berlin. Bd. 24. 1882. S. 517—524.

[88]) *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. II. Abth. S. 19—24 und III. Abth. S. 128—135.

Die Spectren der Picofulvinlöſungen zeigen wie die der übrigen chlorophanartigen Lipochrome zwei Abſorptionsbänder, welche aber ſo weit in's Blau und Violett gerückt ſind wie bei keinem anderen dieſer Fettfarbſtoffe.

[89]) Von Bucconiden (Capitoniden) unterſuchte ich Chotorea (Megalaema) mystacophanes *Gray* und von Rhamphaſtiden, welche ich z. Th. von Herrn Hofrath *A. B. Meyer* in Dresden, z. Th. von Herrn Profeſſor *W. Blaſius* in Braunſchweig erhielt, Pteroglossus aracari *Ill*, Pt. torquatus *Wagl*, Pt. maculirostris *Licht*, Pt. viridis *Ill*, Rhamphastus discolorus *L.*, Rhamphodryas vitellinus *Ill*, und Aulacorhynchus pavoninus *Bonap.*

[90]) Ueber das Turacin cf. meine Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 75—87, II. Reihe. I. Abth. S. 151—155; *Moſeley*, Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 17, note 1.

Das Turacin, dem nach *Church* die Formel $C_{50}H_{56}CuN_5O_{19}$ zukommt, welches zugleich aber auch ziemlich viel Eiſen enthält, iſt in reinem, allerdings leichter noch in alkaliſchem Waſſer löslich; von den lipochromatiſchen Löſungsmitteln wird es dagegen nicht aufgenommen, und auch verdünnte Mineralſäuren wie einige Salze (z B. Alaun. baſ. Bleiacetat, Chlorcalcium) ſchlagen es aus den wäſſrigen Löſungen nieder. Sein ſpectroſkopiſches Verhalten erinnert ſehr an das des Oxyhämoglobins, verändert ſich aber weder durch Schwefelwaſſerſtoff oder Schwefelammonium, noch durch Einwirkung von ſtärkerem Alkali und iſt bei der feſten Subſtanz nur wenig anders als bei der gelöſten. Wie ſchon *Preyer* wußte, verändert ſich die Lage der beiden Abſorptionsbänder im Spectrum nach Sättigen der wäſſrigen Löſung mit Cyankalium; dasſelbe geſchieht, wie ich fand, auch beim Eintragen von Rhodannatrium. Werden jedoch die Salze durch Dialyſe entfernt oder das Turacin durch Eſſigſäure gefällt, ſo zeigt ſich der Farbſtoff als ſpectroſkopiſch unverändert. Das Turacin iſt ſehr licht- wie wärmebeſtändig, rauchende Salpeterſäure zerſtört den trockenen Farbſtoff ſchon in der Kälte unter Schwarzfärbung, conc. Schwefelſäure verwandelt ihn in Turaceïn, welches die Säure purpurviolett färbt und ein Abſorptionsſpectrum mit zwei Bändern (ein ſtärkeres, breiteres hinter D und ein ſchwächeres vor D) aufweiſt; die von mir früher als α-Turaceïn bezeichnete Subſtanz iſt, wie ich ſpäter fand, nur ein Gemiſch jenes Stoffes (des ſog. β-Turaceïn) mit unverändertem Turacin.

[91]) *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 151—155.

Das Verhalten des Turacoverdins gegen Licht, Wärme und Löſungsmittel iſt ziemlich das nämliche wie das des Turacins; doch ſcheint es von

dieſem nicht nur durch ſeine grüne Farbe und ſein ſpectroſkopiſches Verhalten (das Spectrum der wäſſrigen Löſung zeigt ein ſcharfes, dunkeles Abſorptionsband unmittelbar vor D) abzuweichen, ſondern auch dadurch, daß es kupferfrei iſt. Eiſen enthält das Turacoverdin verhältnißmäßig viel. Kalte conc. Schwefelſäure bräunt den trockenen Farbſtoff, Salpeterſäure, conc. Natronlauge wie conc. Salzſäure greifen ihn gar nicht oder erſt ſehr langſam an. Schichtet man eine Turacoverdinlöſung auf conc. Schwefelſäure, ſo färbt ſich letztere violettroth, während Salpeterſäure lange einflußlos auf Turacoverdinlöſungen bleibt und ſchließlich die Flüſſigkeit nur unanſehnlicher macht.

[92]) *Krukenberg,* ibid. S. 155—160, II. Abth. S. 1 ff.

Das Zoorubin iſt in alkaliſchen Flüſſigkeiten leicht löslich, unlöslich in Alkohol, Chloroform, fetten wie ätheriſchen Oelen, Schwefelkohlenſtoff u. ſ. w. Verdünnte Mineralſäuren fällen es aus der alkaliſchen Löſung, ſtarke Salpeterſäure bleicht das Trockenpräparat, Salzſäure färbt es dunkelviolett und conc. Schwefelſäure blaugrün; es enthält keine nachweisbare Mengen von Eiſen, Kupfer oder Mangan und ſcheint auch ſchwefel- wie ſtickſtoffſrei zu ſein. Zoorubinlöſungen zeigen ſpectroſkopiſch nichts charakteriſtiſches, dagegen zwei Reactionen, welche zur Erkennung dieſes Farbſtoffes verwerthbar ſind. Schichtet man nämlich eine Zoorubinlöſung auf engliſche Schwefelſäure, ſo bleibt letztere farblos, während die Zoorubinlöſung an der Berührungsfläche mit der Säure anfangs eine violettrothe, ſpäter eine dunkelgrüne Farbe annimmt; und eine zweite Probe mit Eſſigſäure ſchwach ſauer gemacht, färbt ſich auf Zuſatz minimalſter Spuren eines Kupferſalzes ſchön kirſchroth.

[93]) Cf. *Krukenberg,* Die Farbſtoffe der Vogeleierſchalen. Würzburg. 1883. Fernerhin: *G. Dickie,* Ann. and mag. of nat. hist. Ser. II. Vol. 12. 1848. p. 169 bis 176; *Cornay,* Mém. sur les causes de la coloration des oeufs des oiseaux etc. 1860; *Gloger,* Verhandl. d. Geſ. naturf. Freunde zu Berlin. Bd. I. 1829. S. 332.

[94]) *H. C. Sorby,* Journ. of. the Anthrop. Inst. Vol. 8. 1878. p. 1—14; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. S. 89 Anm. 1.

[95]) Cf. *Kühne,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 224. u. *R. H. Chittenden,* ibid. Bd. III. S. 171—193.

[96]) *Döbner,* Zoolog. Garten. Jahrg. VI. 1865. S. 3—12.

[97]) Cf. *A. B. Meyer,* Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wiſſ. zu Berlin. Bd. 24. 1882. S. 521.

[98]) Vgl. *Semper,* Die natürlichen Exiſtenzbedingungen der Thiere. Bd. I. S. 81 ff.; *V. Graber,* Die Inſecten. Bd. II., Abth. I. S. 37 ff.; *Leydig,* Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12. 1876. S. 540 (cf. meine Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 73 ff.).

[99]) Vgl. meine in Note 87 namhaft gemachten Schriften über die Federfarbſtoffe.

[100]) Eine intenſive lipochromatiſche Färbung des Federſchaftes findet ſich,

ſoviel ich weiß, nur bei einigen Piciden (z. B. bei Colaptes auratus und C. rubricatus).

[101]) *D. F. Weinland,* Journ. f. Ornithologie. 1856. S. 125—129.

[102]) *L. Martin,* Zoolog. Garten. Jahrg. 20. 1879. S. 249—252, Illuſtr. Naturgeſch. der Thiere. Heft 32. 1882.

[103]) Briefliche Mittheilung.

[104]) Briefliche Mittheilung.

[105]) *G. Brucklacher,* Zoolog. Garten. Jahrg. 8. 1867. S. 274 u. 275.

[106]) *A. Smester,* Revue d'Anthrop. 1879. p. 675.

[107]) Sehr bekannt ſind die Erzählungen von einem plötzlich eingetretenen Ergrauen der Haare bei *Marie Antoinette* und dem früheren preußiſchen Kammerdeputirten *Waldeck*. Auch erzählt die Geſchichte (*Raumer's* Geſch. d. Hohenſtaufen), «daß *Ludwig von Bayern*, der in dem Wahne, ſein Weib ſei ihm untreu geworden, die vermeintlichen Mitwiſſer dieſes Verbrechens mit dem Schwerte niedergeſtoßen hatte, nachdem er von der Unſchuld überzeugt wurde, vor Gram und innerem Seelenſchmerze in Einer Nacht graues Haar bekommen habe. Merkwürdig iſt auch jene Erzählung von einem jungen Schweizer, der ſich, um aus einem Geierhorſte die Jungen auszunehmen, mit einem Säbel bewaffnet, mittelſt eines Taues von einer überragenden Felswand, unter welcher der Horſt ſich befand, herunterlaſſen ließ. Unter ihm gähnte ein jäher Abgrund. Nachdem er die Jungen herausgenommen, und er eben wieder heraufgezogen werden ſoll, ſtürzen die alten Vögel, durch das Geſchrei der Jungen herbeigelockt, zum Kampfe auf ihn los. Mit dem Säbel um ſich hauend, bemerkt er plötzlich einen Ruck am Seile, das ihn trägt. Er ſieht hinauf und erblickt, daß er mit der Säbelſchneide in den Strick gehauen, der jetzt nur noch mittelſt einer dünnen unverletzten Stelle zuſammenhält. Namenloſe Angſt befällt ihn, jede Secunde kann der Strick völlig zerreißen; als er endlich glücklich wiederum nach oben hinaufgezogen, iſt ſein Haar ergraut. *S. G. Vogel* (*Hecker's* liter. Annalen. 1825) erzählt von ſich ſelbſt, daß ihm in ſeinem dreißigſten Lebensjahre durch den Schmerz über den Verluſt ſeiner geliebten Schweſter in Einer Nacht das Haupthaar gebleicht ſei. Aehnliche Fälle berichten uns *Nicolaus Florentinus* (Sermon. VII. tract. 6 sum. 3. c. 24), *Schenk, Borelli, Turner, Cälius Rhodiginus*». Vgl. *L. Landois,* Arch. f. path. Anat. Bd. 35. 1866. S. 575—599.

[108]) Briefliche Mittheilung. Cf. auch *Reinhardt,* Videnskabl. Meddelel. Naturh. Ferening. 1870. S. 316.

[109]) Ueber Eclectus polychlorus vgl. die in meinen Vgl.-phyſiolog. Studien. II. Reihe. I. Abth. S. 161 ſowie in Note 87 angeführten Schriften von *A. B. Meyer.*

[110]) *Moſeley,* Quart. Journ. of the mikr. Science. N. S. Vol. 17. 1877. p. 19.

IV.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

THIERISCHEN GERÜSTSUBSTANZEN.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Grundzüge einer vergleichenden Phyſiologie der thieriſchen Gerüſtſubſtanzen.

An die Entdeckung der Aetherſchwefelſäuren in den wäſſrigen Abſonderungen der Säugethiere, an die Kenntniß ihrer Entſtehung und ihres Ausgangsmaterials ſchloß ſich eine lange Reihe wichtiger Unterſuchungen über die Veränderungen, welchen gewiſſe, dem Organismus an und für ſich fremde Subſtanzen, nach ihrer Einführung in den allgemeinen Kreislauf, im Getriebe des thieriſchen Stoffwechſels unterworfen ſind. Nach und nach ſammelte ſich ein reichhaltiger Erfahrungsſchatz an, welcher auf's Unzweideutigſte lehrte, daß die Stoffwechſelvorgänge bei verſchiedenen Thierarten, ja ſelbſt bei zwei Individuen ein und derſelben Species ihrem Weſen nach weit bedeutender auseinandergehen können, als es nach vereinzelten, ſchon länger bekannten, aber mehr als Curioſa betrachteten Thatſachen bis dahin angenommen wurde. Die ſo gewonnene Ueberzeugung, daß die Stoffwechſelprozeſſe bei naheſtehenden Formen bisweilen ſehr verſchiedenartig verlaufen, wurde auch weiterhin befeſtigt durch mehrere, auf dem Gebiete der vergleichenden Toxicologie ſowie durch die mit Hülfe der hiſtioſynthetiſchen Methode *Schmiedeberg*'s[1]) erzielten Reſultate, und ihre Richtigkeit wohl am Schlagendſten illuſtrirt durch die nach mehr als einer Richtung hin als bahnbrechend zu bezeichnenden farbenanalytiſchen Studien von *Ehrlich*[2]) über das Sauerſtoffbedürfniß des Organismus.

Dieſes Ergebniß iſt freilich kein ſehr erfreuliches; denn einmal irre geworden an dem Glaubensſatze, daß bei Wahrung der Aehnlichkeit in groben anatomiſchen Verhältniſſen auch der Stoffumſatz in den lebenden Zellen das Bild der Uebereinſtimmung nicht weſentlich verwiſche, wird von vorn herein nicht mehr zu entſcheiden ſein, welche von den beiſpielsweiſe für den Hund feſtgeſtellten Thatſachen auch auf's Kaninchen paſſen, geſchweige welche von den an Fröſchen gewonnenen Erfahrungen bei Schlüſſen auf die Lebensvorgänge des Menſchen ohne Weiteres verwerthbar ſind.

Eine Hauptaufgabe der chemiſchen Phyſiologie wird ſomit jetzt darin zu ſehen ſein, die Summe der mit der Art, dem Geſchlechte, dem Alter und der Individualität qualitativ ſchwankenden Stoffwechſelvorgänge noch weiter zu vermehren, um dermaleinſt in der Lage zu ſein, die Gründe für dieſe Abweichungen klarzulegen. Der allein naturgemäße Weg, auf welchem ſich der Löſung aller dieſer Fragen zu nähern iſt, wird auch hier wieder der vergleichend-phyſiologiſche ſein; denn vorerſt gilt es doch, die complicirenden Nebenumſtände als ſolche zu erkennen und Objecte ausfindig zu machen, bei welchen bald dieſer bald jener, eine reine Beobachtung erſchwerende Factor fehlt; wie das ſich aber anders erreichen laſſen wird als durch Unterſuchungen an möglichſt zahlreichen und organiſatoriſch möglichſt entfernt ſtehenden Thieren, iſt wenigſtens mir völlig räthſelhaft. Indeß ſind auf dem Felde der vergleichenden Phyſiologie bislang nur erſt wenige von den Schätzen gehoben, welche uns ſchon das Studium der natürlichen Verhältniſſe und der normalen Gewebsbeſtandtheile bei Inangriffnahme der namhaft gemachten und gegenwärtig ſo brennenden Fragen zu bieten vermag. Beſchränkt iſt zwar die Zahl der Fälle, wo das Erz hier offen zu Tage ſteht, und wo nur ein ſcharfes Zuſehen und ein ſachgemäßes Prüfen erforderlich iſt, um ſich über den wirklichen Thatbeſtand zu verſichern; doch fehlen derartige Fälle keineswegs ganz, wenn ſchon auch ſie lange Zeit

ganz ununterſucht gelaſſen wurden und auch jetzt nur erſt ſehr dürftig bekannt ſind. Ich denke dabei vor allem an die thieriſchen Farbſtoffe, welche den Stempel ihrer gegenſeitigen Verwandtſchaft oder Verſchiedenheit offen zur Schau tragen, und gewiß ſchon die erſte Bearbeitung dieſer ſo viel verheißenden Klaſſe thieriſcher Stoffwechſelproducte, welche ich in dem vorigen Hefte dieſer Vorträge verſucht habe, iſt trotz ihrer unvermeidlichen Unvollkommenheiten nicht ohne jeden Erfolg geblieben. Des Weitern abgeſehen von einigen wenigen Thierſtoffen, welche an ſich zwar farblos, aber durch charakteriſtiſche und zugleich ſehr empfindliche Farbenreactionen ſicher und ſelbſt in minimalſten Mengen nachzuweiſen ſind, wie z. B. die Harnſäure und das Guanin, — deren Nachweis überdies aber auch weit weniger ſchwer ins Gewicht fällt als der gewiſſer Farbſtoffe, weil die in Vergleich zu ziehenden Objecte (im angeführten Falle z. B. der Harnſtoff und die Xanthinkörper) weit weniger ſcharf zu erkennen ſind, — abgeſehen von den thieriſchen Pigmenten und der bezeichneten Gruppe von mittelbar ſich in der gleichen augenfälligen Weiſe manifeſtirenden Stoffwechſelproducte ſind es, ſo ſage ich, nur noch die Subſtanzen, welche dem Thierleibe als tragende Pfeiler innern Halt, als ſchützende Decke conſtante Form verleihen, welche in hinreichender Reinheit zu erhalten waren, und deren Verſchiedenheit unter einander ſicher dargethan werden konnte.

Nur auf der niederſten Stufe der Organiſation und in ſeltenen Ausnahmefällen greift der Organismus zu dem nächſt liegenden, dem anorganiſchen Materiale, um dem Ganzen ein feſtes Gerüſt und ſeinen Weichtheilen eine weniger nachgiebige Stütze zu bieten, oder beſchränkt ſich darauf, durch ein dichteres und derberes Gefüge dieſen den nothwendigen Halt zu ſchaffen. Das Gewöhnliche bleibt ſtets die Verwendung eigenartiger, ſelbſt producirter, organiſcher Subſtanzen, welche ſich meiſt nicht nur durch ihre phyſikaliſche Widerſtandsfähigkeit, verbunden mit einem mehr oder

weniger hohen Grade von Elaſticität auszeichnen, ſondern denen auch eine große Immutabilität gegen chemiſche Eingriffe, gegen die Einwirkung der Enzyme, freier Säuren und Alkalien, ja ſelbſt gegen die vitalen Proceſſe innewohnt, welche noch weit mächtiger als jene ſind;[3]) nur hier und da ſehen wir die der organiſchen Gerüſtſubſtanz eigene Feſtigkeit durch anorganiſche Einlagerungen oder in Folge einer mit anorganiſchen Stoffen eingegangenen, locker chemiſchen Verbindung den Anforderungen, welche an den Organismus geſtellt werden, entſprechend erhöht. Stoffe von einer verhältnißmäßig beträchtlichen, phyſikaliſchen wie chemiſchen Widerſtandsfähigkeit, welche ſich bei den Lebensvorgängen ſtets mehr paſſiv verhalten, finden ſich im Organismus nur an beſtimmten Plätzen vor, in den vorwiegend lebensthätigen Herden würden ſie nicht allein nutzlos, ſondern geradezu hinderlich ſein, und ſo erklärt es ſich denn auch, daß die thieriſchen Stütz- und Deckgewebe nicht nur eine ſcharfe anatomiſche Definition und Abgrenzung zulaſſen, ſondern daß der entſprechende Begriff der «thieriſchen Gerüſtſubſtanzen» auch chemiſch gut umſchrieben iſt; letzterer ſubſumirt die in ihrem Vorkommen auf die inneren und äußeren Skelettheile beſchränkten Subſtanzen und muß biologiſch nur deshalb etwas weiter gefaßt werden, als es ſich vom rein chemiſchen Standpunkte aus rechtfertigen läßt, weil bei Vertretern einiger Klaſſen unter den Wirbelloſen veritabele Eiweißkörper, ohne beſonderes typiſches Verhalten, lediglich durch Aufnahme anorganiſcher Materie erhärten und ſo demſelben Zwecke dienſtbar gemacht werden, welchen die ſpecifiſchen Gerüſtſubſtanzen bei den höheren Thieren allerdings in meiſt viel vollkommenerer Weiſe erfüllen.

Das allgemeine Intereſſe wird, wie ſchon dem Geſagten zu entnehmen iſt, weit weniger den anorganiſchen Beſtandtheilen der Schutz- und Stützvorrichtungen zugewandt ſein als vielmehr dem organiſchen Subſtrate derſelben, und dieſes ſoll deshalb auch vor-

wiegende Berückſichtigung finden. Verſuchen wir jedoch, die organiſche Grundlage der Skelettheile chemiſch näher zu definiren, das Verwandte zuſammenzubringen und von dem chemiſch entfernter Stehenden zu ſcheiden, ſo ſtoßen wir auf Schwierigkeiten, welche keine geringe ſind, und die hauptſächlich in der ſo ſchweren Angreifbarkeit der Gerüſtſubſtanzen für chemiſche Agentien begründet liegen. Das Verhalten gegen die proteolytiſchen Enzyme und beim Kochen mit concentrirter Salzſäure, die Xanthoproteïn- und *Millon*'ſche Reaction, die Zerſetzungsproducte, welche beim Kochen mit verdünnten Säuren und beim Schmelzen mit kauſtiſchen Alkalien entſtehen, geſtatten uns allein ein Urtheil abzugeben, ob die fragliche Subſtanz ein Eiweißkörper iſt oder nicht, reſp. wie weit ſie ſich von den Albuminſtoffen in ihren chemiſchen Eigenſchaften entfernt. Aber auch die wenigen, für unſern Zweck geeigneten Reactionen ſind keineswegs den Eiweißkörpern eigenthümliche, ſondern eine Reihe anderer und verhältnißmäßig einfach conſtituirter Stoffe geben dieſelben gleichfalls, und es muß deshalb auch angenommen werden, daß dieſe Reactionen an beſtimmte Seitenketten im Molecül geknüpft ſind, deren Exiſtenz bei den Eiweißkörpern im engern Sinne zwar durchgängig bewahrt zu ſein ſcheint, bei deren Verluſte aber der Stammkern der Verbindung nicht nothwendig einen tiefgreifendern Zerfall erlitten zu haben braucht, obſchon die Subſtanz alsdann nur noch eine oder die andere, oder vielleicht auch gar keine Eiweißreactionen mehr zeigen wird. Andererſeits wird man ſich aber auch, wenn die *Millon*'ſche oder die Xanthoproteïnreaction gelingt, Leucin und Tyroſin beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure erhalten werden, oder wenn man bei Einwirkung von ſchmelzendem Kali Indol unter den Zerſetzungsproducten auftreten ſieht, ſtets zu vergegenwärtigen haben, daß trotz aller Uebereinſtimmung der Reactionen mit denen der ächten Eiweißſtoffe der in Frage kommende Körper doch in vero ſich ſehr weit von den Albuminſubſtanzen entfernen,

ja daß das Radical der Verbindung ganz anderer chemiſcher Natur als das der zum Vergleich herangezogenen Eiweißkörper ſein kann. Inwiefern das Geſagte nun aber nicht nur für die bei feſten Eiweißſtoffen allein anwendbaren Nachweiſe, ſondern auch für die ſog. Alkaloïdreactionen, welche nur an Eiweißlöſungen ausführbar ſind, Gültigkeit beſitzt, läßt ſich meines Erachtens zur Zeit nicht entſcheiden; dazu bedürfte es erſt einer Erweiterung und Vervielfältigung der von *Fr. Hofmeiſter*[4]) angeſtellten Verſuche über die Empfindlichkeit der einzelnen ſog. Eiweißreactionen.

Durch die künſtlichen Zerſetzungen der Eiweißkörper ſcheint lediglich das geſichert, daß die Conſtitution derſelben «ſehr complicirt und die Molecüle ſehr groß, Gruppen aromatiſchen Charakters neben ſolchen der fetten Stoffe in den Molecülen enthalten ſind, und die Geſammtanordnung der letzteren den Harnſtoffen oder Guanidinverbindungen oder Hydantoinen zugehört.»[5]) Wir wiſſen des Weitern aber auch, daß aus Eiweißſtoffen ſowohl Fette wie Kohlehydrate hervorgehen, wenn ſchon letztere ebenfalls aus Fetten, und umgekehrt Fette aus Kohlehydraten entſtehen können; damit jedoch aus Eiweiß Fett abgeſpalten werde oder Fette ſich in Kohlehydrate verwandeln, bedarf es der Action lebendiger Zellen: beide Metamorphoſen haben noch immer als Functionen lebender Zellen zu gelten[6]). Glücklicher war man bei Ueberführung der Eiweißkörper in Kohlehydrate!

Lange bekannt iſt die Thatſache, daß viele Eiweißſubſtanzen, ſo die ſchwefelreichen Hornſtoffe, bei Maceration mit Laugen einen Theil ihres Schwefels als Schwefelwaſſerſtoff abgeben, und auch Beobachtungen, daß durch dieſelben Agentien Stickſtoff aus eiweißartigen Materien abgeſpalten wird, finden ſich in der Literatur verzeichnet. Erſt kürzlich zeigte ich[7]) aber, daß eine, ſich in ihren Reactionen als ein Eiweißkörper verhaltende Subſtanz, das Spirographin in den Wohnröhren von Spirographis Spallanzanii, durch Behandlung mit kalter Natronlauge unter Umſtänden glatt,

ohne daß ein eiweißartiger Rückſtand bleibt, in ein ſtickſtoffhaltiges Derivat der Kohlehydrate überzuführen iſt, welches beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure ein Spaltungsproduct liefert, das ſich nicht mehr den Eiweißſubſtanzen anſchließt, ſondern ſeinem chemiſchen Verhalten nach den Zuckerarten entſpricht, — und ſprach, geſtützt auf weitere Erfahrungen, zugleich die Vermuthung aus, daß dem Spirographin analoge eiweißartige Stoffe (Hyalogene) in gewiſſen Gewebsparthien bei Wirbelthieren wie Wirbelloſen normal vorhanden ſind, in anderen Gewebslagen ſich dagegen nur zeitweiſe oder unter pathologiſchen Verhältniſſen in größerer Menge bilden und anhäufen. Ein bindender Beweis für die auf die Befunde bei Spirographis begründeten Verallgemeinerungen ließ ſich bislang allerdings nicht beibringen, denn die Eiweißkörper von nicht hyalogener Natur überwiegen in den Organen ſo ſehr an Maſſe, daß ein dem Abnehmen der Eiweißreactionen entſprechendes Anwachſen der zuckerbildenden Subſtanz nicht wie bei Verarbeitung der Spirographishüllen zu conſtatiren iſt. Aus Gründen, die aber ebenfalls nicht beweiskräftig ſind, haben mehrere Forſcher eine meiner Auseinanderſetzung ähnliche Anſicht entwickelt. So gelangte *Landwehr*[8]) durch Beobachtung, daß das Glykogen nach Natronzuſatz beſſer als ohne ſolchen den Geweben zu entziehen iſt, zu der Auffaſſung, daß ein eiweißartiger Beſtandtheil des Protoplasmas ſich aus Glykogen und einer Globulinſubſtanz zuſammenſetze, für *Petri*[9]) wurde eine Beziehung zwiſchen Eiweiß und Kohlehydraten wahrſcheinlich wegen eines ähnlichen Verhaltens beider bei der Aldehydreaction (mit Natronlauge und Diazobenzolſulfonſäure) und *Paſchutin*[10]) ſah ſich veranlaßt, auf die Kohlehydratentartung der Gewebe ſpeciell in pathologiſchen Zuſtänden (bei der Zuckerharnruhr) hinzuweiſen. Da jedoch bei Diabetes der maßgebende Factor allgemein und ganz mit Recht mehr in dem Verſiegen oder Stocken der normalen, Zucker zerſtörenden Proceſſe als in einer anormalen Kohlehydratdegeneration

eiweißartiger Gewebsbeſtandtheile geſucht wird, ſo hat dieſe Krankheit für die vorliegende Frage noch nicht die Bedeutung, welche man ihr ohne eingehendere Kritik ſo gern einräumen möchte.

Weit wichtiger als die Zuckerkrankheit, als die ſog. Colloid- und Mucinmetamorphoſen der Kröpfe, Gallertkrebſe, Myxome und Ovarialkyſtome iſt für uns der Umſtand, daß die Unterſuchungen der thieriſchen Gerüſtſubſtanzen ſchon jetzt eine Reihe von Stoffen aufgedeckt haben, von denen einer ein ächtes Kohlehydrat, ein zweiter das Amidoderivat eines ſolchen iſt und andere, welche — obgleich ſie durch das moleculare Verhältniß des Stickſtoffs und Kohlenſtoffs (C_{30} N_{4-9}) noch ihre Beziehung zu den Kohlehydraten erkennen laſſen — ſich nach dieſer oder jener Reaction mehr oder weniger den Eiweißſtoffen in ihrem chemiſchen Verhalten anſchließen.

Scheinen wir aber ſomit auch noch ein ziemliches Stück davon entfernt zu ſein, die ächten Eiweißkörper, die Keratine und Verwandte als Derivate der Kohlehydrate oder, wie ich (gemäß der Geneſe des Spirographeïns) annehmen möchte, als ſehr reſiſtent gewordene Spaltungsproducte von Hyalogenen begreifen zu lernen, ſo wünſche ich doch, darauf Bedacht nehmen zu wollen, daß, wenn ich mich entſchließe, bei Claſſification der thieriſchen Gerüſtſubſtanzen die Trennung der Eiweißkörper von den Kohlehydraten noch ſcharf hervortreten zu laſſen, ſich (trotz der neu aufgeſtellten Gruppe der Skeletine) die Grenzen an allen Punkten verwiſchen, und daß es kaum zu rechtfertigen iſt, wenn ich die Hyalogene den Albuminoiden, das Corneïn aber den Skeletinen zugeſelle. Nur praktiſche Gründe, die Wahrung der Ueberſichtlichkeit und die Vermeidung von Wiederholungen beſtimmen mich, an dieſer z. Th. *Drechſel*[11]) entlehnten und auf den erſten Blick ſehr beſtechenden Eintheilung der Gerüſtſubſtanzen feſtzuhalten. Dieſelbe würde folgende ſein:

Claſſification der thieriſchen Gerüſtſubſtanzen.

I. Claſſe: **Reine** (d. h. ſtickſtofffreie) **Kohlehydrate**, welche bei der Spaltung Zucker liefern:

Tunicin *Berthelot* (thieriſche Celluloſe *Loewig* und *Kölliker*).

II. Claſſe: **Skeletine.** Stickſtoffhaltige, aber ſchwefelfreie Subſtanzen, welche nur eine oder die andere Eiweißreaction geben, ſich durch ihre Widerſtandsfähigkeit gegen Alkalien wie Säuren auszeichnen und auch von den amylolytiſchen wie proteolytiſchen Enzymen durchaus unverändert gelaſſen werden. Auch von kaltem oder ſiedendem Waſſer, von Alkohol, Aether u. dgl. m. werden ſie in keinerlei Weiſe angegriffen und auf Jod reagiren ſie nur mit Braunfärbung.

A. Derivate der Kohlehydrate, welche bei der Spaltung reducirende Subſtanzen (Zucker, Glykoſamin) aber keine Amidoſäuren liefern:

Chitin *Odier.*

B. Stoffe, welche bei der Spaltung keine reducirende Subſtanzen ſondern Amidoſäuren geben. Bei allen beſſer bekannten Gliedern dieſer Gruppe kommen, wie auch beim Chitin, im Molecül auf 30 Kohlenſtoffatome eine beſtimmte Anzahl (9 oder 10) von Stickſtoffatomen, und das Verhältniß des Sauerſtoffs zum Waſſerſtoff macht es wahrſcheinlich, daß auch ſie Derivate von Kohlehydraten ſind.

Spongin *Staedeler.*

Conchiolin *Frémy* (und die Byſſusſubſtanz der Bivalven?).

Corneïn *Valenciennes.*

Fibroïn *Mulder.*

III. Claſſe: **Albuminoïde Subſtanzen.** Körper, welche ſich in ihren chemiſchen Eigenſchaften ſchon mehr den Eiweißſubſtanzen annähern, doch durch das Fehlen der einen oder andern Eiweißreaction von den Albuminſtoffen abweichen:

Hyalogene.

Collagene.

Keratine oder **erhärtete Mucine** (nach Ausſchluß der Hyalogene und Hyaline).

Elaſtine.

IV. Claſſe: **Aechte Eiweißſtoffe,** welche bei 38°—40° C. durch Pepſin in ſalzſauren Flüſſigkeiten (0,1—0,2 % Cl H) wie durch Trypſin bei neutraler oder alkaliſcher Reaction (1,0 % CO_3 Na_2) des Verdauungsgemiſches leicht und gleich gut verdaut werden.

I. Die Kohlehydrate.

Tunicin.

Das Tunicin *Berthelot*'s[12]), die thieriſche Celluloſe *Loewig*'s und *Kölliker*'s wurde bereits 1845 von *C. Schmidt* als ein ſtickſtofffreier Gewebsbeſtandtheil bei Phallusia mammillata erkannt und mit der Subſtanz der Pflanzenzellmembran verglichen. *Loewig* und *Kölliker* wieſen darauf durch chemiſche und mikroſkopiſche Unterſuchungen das Tunicin bei einer großen Anzahl von Tunicaten (5 verſchiedene Species von Phallusia, Clavelina lepadiformis, 3 Species von Cynthia, Diazona violacea, Botryllus polycyclus und violaceus, Didemnum candidum, Aplidium gibbulosum, Pyrosoma giganteum, Salpa maxima und bicaudata) nach, vermißten es aber bei den erſt ſpäter damit vereinigten Formen der Appendicullaria und Pelonaea. *Payen* beobachtete ſeine Löslichkeit in concentrirter Schwefelſäure und die Blaufärbung durch Jod-Schwefelſäure, und *Schacht* wie *O. Hertwig* conſtatirten durch mikrochemiſche Reactionen (beſonders durch das Verhalten des Tunicins gegen Jod-Schwefelſäure), daß der ſog. Celluloſemantel der Tunicaten, ſtreng genommen, nur die Tunica externa (Cuticula) desſelben iſt, daß aber auch im Innern des Tunicatenkörpers ein Bindegewebe vorkommen kann, welches die Celluloſereactionen des Mantels zeigt, ſo z. B. am Muskelſchlauche und am Darme von Cynthia mytiligera.

Die Verſuche, das Tunicin bei Polypen und Acalephen zu entdecken, blieben erfolglos, und obſchon die organiſche Grundlage der Ectocyſte bei Bryozoën, welche mit den Tunicaten zu der Claſſe der Molluskoïde vereinigt wurden, gleichfalls reſiſtent gegen ſiedende Kalilauge wie auch gegen ſtarke, kalt angewandte Säuren (mit Ausnahme der concentrirten Schwefelſäure, welche löſend wirkt) iſt, ſo zeigte mir doch dieſelbe (auch nach Behandlung mit concentrirter Salzſäure und Salpeterſäure oder nach dem Kochen mit Kalilauge) weder bei Bugula plumosa und B. neritina, noch bei Flustra papyrea die Jod-Schwefelſäure- oder die Chlorzink-Jodreaction, ſondern färbte ſich mit den Reagentien im günſtigſten Falle nur ähnlich dem Choleſtearin[13]).

Das zu den Analyſen verwandte Tunicin wurde meiſt durch Auskochen der Tunicatenmäntel zuerſt mit einer Mineralſäure und darauf mit Kalilauge gewonnen; *Schaefer* kochte zur Darſtellung desſelben Tunicatenmäntel einen Tag lang im *Papin*'ſchen Topfe mit Waſſer, hierauf längere Zeit mit verdünnter Salzſäure, dann mit concentrirter Kalilauge und laugte ſie ſchließlich mit Waſſer vollſtändig aus.

Das Tunicin ſtimmt in ſeinen weſentlichen Eigenſchaften und Reactionen mit dem Holzſtoffe (Lignin) der Gewächſe überein. Es bildet eine durchſcheinende weiße, in dünnen Schichten ſelbſt durchſichtige, papierähnliche Maſſe, welche die Form der Cuticula beibehalten hat. Es löſt ſich in Kupferoxydammoniak, und Säuren fällen es aus dieſer Löſung flockig nieder, welches Verhalten von *Franchimont* auch zur Reinigung benutzt wurde; durch längere Einwirkung von Schwefelſäure entſteht daraus ein gährungsfähiger, rechtsdrehender, kryſtalliſirbarer Zucker, mit Glykoſe wahrſcheinlich identiſch *(Franchimont)*, und rauchende Salpeterſäure verwandelt das Tunicin in ein Nitroproduct, welches in alkoholiſchem Aether klar löslich iſt, beim Verdunſten der Löſung eine collodiumähnliche Haut hinterläßt und beim Erhitzen verpufft. Mit Jod und concen-

trirter Schwefelſäure ſowie mit Chlorzink-Jod färbt ſich das Tunicin blau, und es wird, wie ich zeigte, weder von Diaſtaſe, noch von Pepſin oder Trypſin unter den günſtigſten Verſuchsbedingungen irgendwie angegriffen. Nach *Berthelot* unterſcheidet ſich das Tunicin durch ſeine Reſiſtenz gegen Säuren von den vegetabiliſchen Celluloſen, auch ſoll es nicht wie letztere durch Fluorborgas in der Kälte verkohlt werden; in der procentiſchen Zuſammenſetzung ſtimmt es jedoch mit der Pflanzencelluloſe überein, wie folgende Analyſen lehren:

	Berechnet	Gefunden bei					
		Phallusia mammillata		Cynthia papillosa		Ciona intestinalis	Pyrosoma atlanticum
		(C. Schmidt)	*(Loewig)*	*(Loewig)*	*(Berthelot)*	*(Payen)*	*(Schaefer)*
C_6	44.44	45.38	43.40	43.20	44.6	44.5	44.09
H_{10}	6.17	6.47	5.68	6.16	6.1	6.4	6.30
O_5	49.39	(48.15)	(50.92)	(50.64)	(49.3)	(49.1)	(49.61)

Ueber die Bildung des Tunicins im Organismus der Tunicaten iſt nur Hiſtiologiſches ermittelt. «Der Celluloſemantel», ſagt *O. Hertwig*, «iſt keine perſiſtente Eihaut. Er entſteht nicht aus den Teſtazellen, ſondern zunächſt als Cuticularbildung von den Epidermiszellen aus. Dieſes Stadium findet ſich dauernd erhalten im Mantel von Doliolum und Appendicularia, in welchem ſich keine Formelemente vorfinden. Später wandern bei den Ascidien Epidermiszellen in den Mantel ein und bilden ſeine urſprünglichſten und auf einem gewiſſen Stadium allen Ascidienarten in derſelben Form zukommenden zelligen Elemente. Die urſprüngliche Cuticularſchicht der Epidermis verwandelt ſich alſo ſpäter durch Zelleneinwanderung in wirkliche celluloſe Bindeſubſtanz.»

II. Die Skeletine.

Das Chitin[14]) beſitzt wohl unter allen thieriſchen Gerüſtſubſtanzen die intereſſanteſte Geſchichte. Bereits 1823 von *Odier* entdeckt, in Folge eines leicht erklärlichen Irrthums aber für ſtickſtofffrei gehalten, wurde es erſt wieder im Jahr 1843 von *Laſſaigne*, der es im Seidenwurme auffand und als ſtickſtoffhaltig erkannte, zum Gegenſtande der Unterſuchung gemacht. Von dieſer Zeit ab wird der Stickſtoffgehalt des Chitins durchgehend aber weit zu hoch (von *Payen* zu 8,93—9,05%, von *Children* und *Daniell* zu 10,29%) angegeben, und andererſeits wird auch von angeſehenen Forſchern noch angenommen, daß das Chitin ſtickſtofffrei *(Frémy)* oder nur eine Verbindung von thieriſcher Celluloſe und einer albuminoïden Materie ſei *(Péligot)*. Die Widerſprüche verſchwanden indeß bald, als *C. Schmidt* und *C. G. Lehmann* das Chitin analyſirt hatten und zu Werthen gelangt waren, welche ſich, wie wir jetzt, Dank den unermüdlichen Arbeiten von *Ledderhoſe* und *Sundwik* zu urtheilen berechtigt ſind, von der Wahrheit nicht ſehr weit entfernen. Nur in einer incorrecten Wiedergabe des feſtgeſtellten Thatbeſtandes liegt es begründet, wenn *Claude Bernard*[15]) noch vor wenigen Jahren bemerkte, daß die Cruſtaceen mit Holz gepanzert ſeien. Chitin.

Das Chitin iſt die einzige Gerüſtſubſtanz aller Arthropoden; bei Repräſentanten zahlreicher Inſectenordnungen, bei vielen Cruſtaceen und Arachnoïden iſt es nachgewieſen, und auch bei den Myriopoden verdanken das Außenſkelet, welches zugleich das ganze Darmrohr auskleidet, wie die inneren derberen Gewebslamellen (Apodemen oder Sehnen) ihre Widerſtandsfähigkeit und Elaſticität ausſchließlich dem Chitin. Eine analoge Differenz wie bei den Wirbelthieren, wo die äußere Deckſchicht aus Keratin, das Binnenſkelet aus Collagen gebildet iſt, giebt es bei den Arthropoden nicht; ſelbſt die Scheiden der Nervenfaſern, welche bei den Wirbelthieren aus Neurokeratin beſtehen, ſind nach *Ewald's* und *Kühne's*

Verſuchen[16]) an den ſtarken Nervenfaſern im Bauchmarke des Flußkrebſes aller Wahrſcheinlichkeit nach chitinöſer Natur.

Seitdem *Rud. Leuckart*[17]) 1852 das Thierreich auf Chitin durchmuſtert hat, iſt das Vorkommen des Chitins auch bei Thieren aus anderen als den 4 im Arthropodentypus vereinigten Claſſen wiederholt behauptet, doch nicht einwurfsfrei bewieſen worden. Erſt ganz kürzlich wurde auf elementaranalytiſchem Wege ſowie durch Reactionen und durch das Studium der Zerſetzungsproducte endgültig entſchieden, daß die Rückenſchulpen von Loligo vulgaris und die ſog. Sepienknochen ächtes Chitin und zwar ſehr reichlich enthalten, daß ſich dieſes daraus leicht und abſolut rein darſtellen läßt. Ein gleicher Befund ergab ſich weiterhin auch für Lingula anatina, in deren Schalen *Hilger* 1867 ſeltſamerweiſe kein Chitin, wohl aber ſog. Chondrogen nachzuweiſen vermochte, während *Schmiedeberg* 1882 richtig angab, daß die durch Salzſäure und Kalilauge gereinigte organiſche Subſtanz der Schalen von Lingula anatina keine Spur von Biuret- oder anderen Albuminoïdreactionen gebe, aber alle Eigenſchaften und Reactionen des Chitins beſitze. Nach abwechſelnder Behandlung mit verdünnter kalter Salzſäure und Kalilauge hinterlaſſen ſowohl der Stiel als auch die Schalen von Lingula verhältnißmäßig reichliche Mengen von Chitin, welches nur in den Schalen von einem gegen Kalilauge ebenſo unlöslichen Körper, wahrſcheinlich von Conchiolin begleitet wird, während eine ſolche Beimengung in den Stielen vollſtändig fehlt. Weiteres iſt über die Verbreitung des Chitins außerhalb des Arthropodentypus zur Zeit noch nicht ermittelt.

Die Sepienrückenſchilder, welche jederzeit und überall in beliebiger Menge zu erhalten ſind und nicht wie die Panzer der Krebſe oder die Flügeldecken der Käfer von ſchwer zu beſeitigenden Einlagerungen von Farbſtoffen und deren ebenſo widerſtandsfähigen Umwandlungsproducten erfüllt ſind, eignen ſich jedenfalls am Beſten zur Reindarſtellung des Chitins. Die Organe werden nach-

einander mit kalter verdünnter Salzſäure ausgezogen und mit Kalilauge, Alkohol und Aether ausgekocht; zur völligen Entfernung der anorganiſchen Beſtandtheile kann man das Chitin noch in concentrirter Salzſäure löſen und durch Waſſerzuſatz wiederum ausfällen.

Das Chitin iſt eine amorphe, ſchneeweiße Maſſe, welche die Form der Organe, welchen es entſtammt, beibehalten hat, mehr oder weniger durchſcheinend iſt und beim Erhitzen verkohlt ohne zu ſchmelzen. Laugen verändern es ſelbſt nach anhaltendem Kochen nicht, concentrirte Schwefelſäure wie concentrirte Salzſäure löſen es ſchon in der Kälte, anfangs, wie *Emmerling* bewies, ohne Zerſetzung. Beim Eindampfen mit concentrirter Salzſäure liefert das Chitin neben humusartigen Maſſen Eſſigſäure, Butterſäure und als allein ſicheres primäres Product ca. 90% ſalzſaures Glykoſamin, welche Menge 70—75% freien Glykoſamins entſprechen würde. Aehnlich ſcheint auch die Umſetzung des Chitins beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure zu verlaufen, während es mit Salpeterſäure einen im Waſſer unlöslichen, nicht beim Schlag, wohl aber beim Erhitzen, getrocknet manchmal unter 112° C. explodirbaren Salpeterſäureäther liefert *(Sundwik)*. Schmelzendes Kali verwandelt das Chitin in Ammoniak, Eſſigſäure, Butterſäure und Oxalſäure.

Das wichtigſte Spaltungsproduct des Chitins iſt zweifellos das ſalzſaure Glykoſamin ($C_6H_{13}NO_5$,HCl). Dasſelbe bildet farbloſe, harte, glasglänzende, monoſymmetriſche Kryſtalle, die ſich bei 100° C. nicht zerſetzen, in Waſſer leicht, in Alkohol ſehr ſchwer und in Aether ganz unlöslich ſind; es ſchmeckt anfangs ſüß, beſitzt aber einen bittern, ſalzigen Nachgeſchmack, iſt rechtsdrehend, reducirt *Fehling*'ſche Löſung ebenſo ſtark als Traubenzucker, bei Einwirkung von concentrirter Natronlauge entſteht daraus Milchſäure und Brenzkatechin, und ſeine wäſſrigen Löſungen werden durch Fermente nicht in Gährung verſetzt. Durch Einwirkung äquivalenter Mengen von ſalpeterſaurem oder ſchwefelſaurem Silber

ſind aus der ſalzſauren Verbindung leicht das ſalpeterſaure und ſchwefelſaure Salz darzuſtellen, das freie Glykoſamin ($C_6H_{11}O_5 \cdot NH_2$) iſt aber im kryſtalliſirten Zuſtande noch nicht ſicher zu erhalten geweſen. *Ledderhoſe*, dem wir dieſe werthvollen Aufſchlüſſe über das ſalzſaure Glykoſamin verdanken, hat weiterhin gezeigt, daß beim Erwärmen von ſalzſaurem Glykoſamin mit Silber reſp. Kaliumnitrit Stickſtoff entwickelt wird, und hat durch Meſſen des bei dieſer Reaction gebildeten Stickſtoffs feſtgeſtellt, daß die Zerſetzung nach folgender Gleichung verläuft:

$$C_6H_{11}O_5NH_2,HCl + KNO_2 = C_6H_{12}O_6 + N_2 + H_2O + KCl.$$

Er hat den dabei entſtehenden, vorausſichtlich nach der Formel $C_6H_{12}O_6$ zuſammengeſetzten, zuckerartigen Körper nur in Form eines Syrups erhalten und nachgewieſen, daß derſelbe die Ebene des polariſirten Lichtſtrahles nach rechts dreht, auf *Fehling*'ſche Löſung reducirend einwirkt, aber durch Hefe ebenſowenig wie das ſalzſaure Glykoſamin in Gährung verſetzt werden kann. *Tiemann* erhielt aus dem ſalzſauren Glykoſamin durch Einwirkung von Salpeterſäure eine weiße, zähe Maſſe vom Ausſehen des Traganthgummis, welche in Waſſer gelöſt und mit Calciumcarbonat gefällt das Calciumſalz der Iſozuckerſäure ($C_6H_8O_8Ca$) gab, welches durch Verſetzen ſeiner wäſſrigen Löſung mit der genau äquivalenten Oxalſäuremenge und Eindampfen der vom Calciumoxalat abfiltrirten Flüſſigkeit die freie Säure ($C_6H_{10}O_8$) in ſchönen, weißen, rhombiſchen Kryſtallen lieferte. Von derſelben wurden die Baryum- ($C_6H_8BaO_8$), die Kupfer- ($C_6H_8CuO_8$) und die Silberverbindung ($C_6H_8Ag_2O_8$) analyſirt und feſtgeſtellt, daß beim Erhitzen derſelben weit über ihren Schmelzpunkt (bei 185° C.) hinaus Kohlenſäure und Waſſer abgeſpalten werden und reichlich Brenzſchleimſäure ($C_5H_4O_3$) ſublimirt; auch wurde durch Behandeln des in Alkohol vertheilten iſozuckerſauren Calciums mit Salzſäuregas der iſozuckerſaure Aethyläther ($C_4H_8O_4 \cdot 2CO_2C_2H_5$) gewonnen.

Formel nach *Ledderhoſe*	Berechnet	Formel nach *Sundwik*	Berechnet	Analyſen des Chitins aus: Arthropoden: *C. Schmidt.* Mittel von 7 C-, H- und 7 N-beſtimmungen)	*(Lehmann)*	*(Staedeler)*	*(Ledderhoſe.* Mittel aus 12 C-, H- und 2 N-beſtimmungen)	*(Ledderhoſe.* Mittel aus 7 Analyſen mit höheren C-werthen)	*(Sundwik.* Mittel aus 9 C-, H-beſtimmungen)	Cephalopoden: Rückenſchulpen v. Loligo vulgaris *(Krakenberg)*	Sog. Sepienknochen *(Krukenberg)*
C_{15}	45.69	C_{60}	46.75	46.66	46.73	46.32	45.69	46.03	46.78	46.14	46.30	46.57
H_{26}	6.60	H_{100}	6.50	6.60	6.49	6.40	6.42	6.26	6.42	6.53	6.42	6.39
N_2	7.10	N_8	7.27	6.53	6.59	6.14	7.00	7.00	7.385 (*Bütſchli*) 7.02 (*Emmerling*)	6.81	7.35	7.37
O_{10}	40.61	O_{38}	39.48	(40.21)	(40.19)	(41.14)	(40.89)	(40.71)		(40.52)	(39.93)	(39.67)

Die Reſultate der vielen Elementaranalyſen, welche über das Chitin vorliegen, und von denen die zuverläſſigſten oben zuſammengeſtellt ſind, ſowie die beſprochenen Zerſetzungsweiſen desſelben haben eine rationelle oder auch nur eine empiriſche Formel dem Chitin noch nicht geſichert. *Ledderhoſe*, welcher die Eſſigſäure als gleichzeitig mit dem Glykoſamin entſtanden und als direct aus dem Chitin hervorgegangen anſieht, nimmt für das Chitin die Formel: $C_{15}H_{26}N_2O_{10}$ an und drückt die Bildung des ſalzſauren Glykoſamins durch beiſtehende Gleichung aus:

$$2C_{15}H_{26}N_2O_{10} + 6H_2O = 4C_6H_{13}NO_5 + 3C_2H_4O_2.$$

Sundwik faßt dagegen als primäres Spaltungsproduct des Chitins nur das Glykoſamin, beziehungsweiſe die Glykoſe auf, welche letztere bei dem Proceſſe weiterhin in die ſtets zu beobachtenden humusartigen Maſſen, in Eſſigſäure und Butterſäure zerfallen ſoll. Er giebt dem Chitin die allgemeine Formel: $C_{60}H_{100}N_8O_{38} + nH_2O$, in welcher n zwiſchen 1 und 4 variiren kann, und findet eine Stütze für ſeine Anſicht darin, daß die verſchiedenen Chitinanalyſen zwar nicht untereinander, aber ſtets mit der Zuſammenſetzung eines der nach dieſer Formel möglichen Hydrate übereinſtimmen. *Ledderhoſe* z. B., der bei 110°—120° C. das Chitin trocknete, fand bei ſeinen Analyſen eine Gruppe von Präparaten, welche 45,04—45,10% C enthielten, und eine andere mit 45,82—46,18%,

aber keine mit dazwiſchen liegenden Werthen und ſtets einen viel geringeren Kohlenſtoffgehalt als *Sundwik*, der das Chitin bei 132 bis 135° C. getrocknet und im Mittel von 9 Analyſen 46,78 % C, erhalten hat. Nach *Sundwik* geſchieht die Spaltung des Chitins nach folgender Gleichung:

$$C_{60}H_{100}N_8O_{38} + 14\,H_2O = 8\,C_6H_{13}NO_5 + 2C_6H_{12}O_6,$$

und er denkt ſich das Chitin als Amin aus einem Kohlehydrate $C_{60}H_{100}O_{50}$ durch Aufnahme von $8NH_2$ in folgender Weiſe entſtanden:

$$C_{60}H_{100}N_{50} + 8\,NH_3 = C_{60}H_{100}N_8O_{38} + 12\,H_2O.$$

Das ganze Exoſkelet der Arthropoden wird von den darunter liegenden Zellen erzeugt, entweder indem dieſe die Chitinſubſtanz ausſchwitzen, die dann erhärtet oder, was *Huxley*[18]) ſpeciell für die Krebſe wahrſcheinlicher iſt, durch chemiſche Metamorphoſe der oberflächlichen Zone der Zellkörper zu Chitin. Wie es ſich jedoch auch damit verhalten mag, jedenfalls bilden die Cuticulargebilde anliegender Zellen zuerſt ein einfaches, zuſammenhängendes dünnes Häutchen. Durch Wiederholung des Proceſſes, durch den dieſes entſtanden iſt, nimmt die Dicke der Cuticula zu. Das ſo an der Innenfläche der letztern hinzukommende Material hat aber nicht immer die gleiche Beſchaffenheit, ſondern iſt abwechſelnd dichter und weicher. Das dichtere Material bildet die zähen Blätter, das weichere die durchſichtigere Zwiſchenſubſtanz. Die Menge der letztern iſt anfangs ſehr gering; daher liegen die äußeren Blätter ſehr dicht auf einander. Später nimmt die Menge der Zwiſchenſubſtanz zu, und ſo entſteht die dicke Schichtung in der mittlern Region des Exoſkelets, während ſie in der innern unbedeutend bleibt.

Spongin. Das Hornfaſergerüſt der Spongien[19]) ſcheint aus zwei chemiſch verſchiedenartigen Subſtanzen zu beſtehen, wenigſtens wird die zartflockige, gleichſam verfilzte Materie, welche die Hornfäden überzieht, von 5 %iger Natronlauge ziemlich raſch unter Ammoniakentwicklung gelöſt, während die Fäden ſelbſt dabei nicht

bemerklich angegriffen werden *(Staedeler)*. Kupferoxyd-Ammoniak vernichtet an den 20—30 Stunden lang zuvor mit Natronlauge digerirten Fäden die Elaſticität und macht ſie brüchiger, indem nur eine Spur organiſcher Materie ausgezogen wird; ohne vorausgegangene Behandlung mit Natronlauge ſollen dagegen die Fäden durch das Reagens von außen ſtark angegriffen werden.

Das mit verdünnter Salzſäure und 5%iger, kalter Natronlauge ausgezogene Schwammgerüſt, das Spongin *Staedeler*'s, wird von verdünnter kalter Natronlauge nicht weſentlich oder doch nur ſehr langſam gelöſt, leicht aber, wenn es damit gekocht wird. Concentrirte Schwefelſäure löſt es unter ſchwacher Braunfärbung ſchon bei gelindem Erwärmen raſch auf; bei zehnſtündigem Kochen mit der verdünnten Säure (1 : 4) wird eine geringe Ammoniakentwicklung wahrgenommen und Leucin, Glycin, aber kein Tyroſin erhalten. Concentrirte Salzſäure und Salpeterſäure von 1,3 ſpec. Gew. löſen das Spongin ebenfalls beim Kochen, und in beiden Fällen erhält man anfangs farbloſe Löſungen. Das Spongin giebt nicht die *Millon*'ſche Reaction, färbt concentrirte Salzſäure beim Kochen in keiner Periode blau oder violett und zerſetzt ſich beim Erhitzen, ohne vorher zu erweichen oder klebrig zu werden *(Poſſelt)*.

Als *Poſſelt* und *Croockewit* ihre Analyſen des Badeſchwammes ausführten, war das differente Verhalten der organiſchen Schwammſubſtanz, welche Behandlung mit kalter, verdünnter Salzſäure, Aether, Alkohol und Waſſer zurückläßt und worauf ſich ihr Reinigungsverfahren beſchränkte, noch unbekannt, und ihre Ergebniſſe ſind ſchon deshalb unzureichende geworden. Die Verſuchsreihen beider Forſcher weichen in ihren Reſultaten, welche ich deshalb auch hier mitgetheilt habe, nur unbeträchtlich von einander ab, wenn ſchon die aus den Analyſen berechneten Formeln zweifellos unrichtige ſind, und die Zuſammenſetzung des Spongins vorausſichtlich auch wie die des Chitins, Conchiolins und Corneïns auf 30 Kohlenſtoff im Molecül hinausgehen wird. Reduciren wir die

aus den Analyſen für das Spongin berechneten Zahlen auf 30 Kohlenſtoffatome im Molecül, ſo erhalten wir für dieſes die Formel: $C_{30}H_{46}N_9O_{13}$, welche mit den Befunden weit beſſer übereinſtimmt als die von *Poſſelt* berechnete Zuſammenſetzung ($C_{48}H_{75}N_{13}O_{22}$) oder als die von *Croockewit* ad hoc angenommene *Mulder*'ſche Fibroinformel.

Analyſen der Spongins.

	Berechnet	Gefunden							
		(*Poſſelt*)			(*Croockewit*)				
C_{30}	48.65	48.75	49.11	48.74	47.14	48.01	46.91	47.20	47.28
H_{46}	6.22	6.35	6.25	6.27	6.34	6.35	6.35	6.51	6.33
N_9	17.02	16.4	15.9	16.40	16.33		16.07		
O_{13}	28.11	(28.50)	(28.74)	(28.59)	(30.32)	(29.44)	(30.54)	(30.09)	(30.19)

Conchiolin.

Das Conchiolin[20]), welchen Namen 1855 *Frémy* dem in verdünnter, kalter Salzſäure unlöslichen organiſchen Beſtandtheile der Muſchelſchalen beilegte, war kurz zuvor von *Koſt* für identiſch mit dem Chitin erklärt, ſpäter von *Schloßberger* wieder als ein Körper sui generis angeſprochen und in jüngſter Zeit von *Schmiedeberg* als eine albuminoïde Subſtanz bezeichnet. Jetzt, wo der in Frage kommende Körper aus den Eierhüllen der Muriciden in großer Menge rein zu gewinnen war, läßt ſich nachweiſen, daß *Schloßberger*'s Arbeit allein Werth beſitzt, und auch die von ihm mitgetheilte Analyſe der nach dem Entkalken der Auſternſchalen und Auskochen des organiſchen Rückſtandes mit Kalilauge erhaltenen braunen Membranen ſtimmt gut zu den Procentzahlen, welche ſich für das Conchiolin der Eikapſeln ergeben haben.

Das Conchiolin ſcheint in den Lingulaſchalen das Chitin zu begleiten, in den Schalen von Mytilus edulis findet ſich daneben aber kein Chitin vor und ein ſehr ſparſam verwendeter Mucin- oder Hornſtoff hält in den meiſten Eierballen der Proſobranchier die einzelnen conchiolinöſen Eikapſeln unter einander zuſammen. Außerhalb des Molluskentypus iſt dieſe Subſtanz bislang nicht nachgewieſen worden.

Beim Erhitzen ſchmilzt das Conchiolin, bläht ſich auf und

hinterläßt eine ſchwer verbrennliche Kohle. Es wird von überhitztem Waſſer nicht gelöſt *(Schloßberger)*, in der Kälte durch concentrirte Schwefelſäure, rauchende Salpeterſäure, concentrirte Salzſäure, Salpeterſäure und Kaliumchlorat innerhalb zwei Tagen nicht bemerklich verändert; nur concentrirte Chromſäurelöſung greift das Conchiolin während dieſer Zeit erſichtlich, aber auch nur langſam an. Beim Kochen löſt es ſich in concentrirter Schwefelſäure wie in Salpeterſäure auf Kaliumchloratzuſatz ſofort, in verdünnten Mineralſäuren, rauchender Salpeterſäure und concentrirter Salzſäure aber auch erſt dann allmählig, während es von ſiedender Eſſigſäure gar nicht angegriffen wird. Laugen färben es ſchon in der Kälte citronengelb, verändern es augenſcheinlich jedoch nicht weiter. Wenn ſchon anhaltendes Sieden mit concentrirter Kalilauge (1 : 1) das Conchiolin unter Bräunung nur ſchrumpfen macht, ſo bin ich doch der Anſicht, daß es von den Laugen nicht ganz intact gelaſſen wird, und beſchränkte mich deshalb auch darauf, das zu den Analyſen verwandte Material, nachdem es durch Salzſäure entkalkt, durch Pepſin- und Trypſineinwirkung von den Eiweißkörpern befreit war, nur 48 Stunden mit verdünnter Natronlauge zu maceriren und nicht mit Kalilauge auszukochen. Die Widerſtandsfähigkeit des Conchiolins gegen Alkalien ſcheint um ſo beträchtlicher zu ſein, je länger dasſelbe angebildet war oder, mit anderen Worten, je älter es iſt. Altes Conchiolin (und ebenſo verhält ſich auch das gleich näher zu beſprechende Corneïn) zeigt eine ähnliche Verfärbung als die iſt, welche Alkalien an völlig farbloſen und reinen Präparaten hervorrufen; dieſer gelbliche oder bräunliche Farbenton ſcheint durch kein beſonderes Pigment bedingt zu ſein, ſondern dem Conchiolin wie Corneïn als ſolchen anzugehören, wenn gleich derſelbe letzterm durch kalte, rauchende Salpeterſäure leicht zu benehmen iſt. Zum Unterſchiede hiervon bietet das Chitin in allen Vorkommniſſen die gleiche weiße Farbe dar, gewöhnlich nur imprägnirt mit fremdartigen Pigmenten.

Beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure entſteht aus dem Conchiolin Leucin, niemals Cornikryſtallin, und auch Tyroſin, Glycin, wie ein auf alkaliſche Kupferſulfatlöſung bei Siedetemperatur desoxydirend wirkender Körper ſind unter den Spaltungsproducten nicht nachgewieſen; beim Eindampfen mit concentrirter Salzſäure bildet ſich aus ihm kein Glykoſamin, ſondern, wie es ſcheint, hauptſächlich ebenfalls nur Leucin. Das Conchiolin giebt keine einzige der für die Eiweißſtoffe charakteriſtiſchen Farbenreactionen; es röthet ſich nicht beim Kochen mit *Millon*'s Reagens, färbt ſich bei der Xanthoproteïnreaction auf Ammoniakzuſatz nur gelb oder braungelb, niemals rothbraun, und concentrirte Salzſäure nimmt beim Kochen mit Conchiolin weder eine purpurne, noch eine violette oder blaue Färbung an; ebenſo verſagt die Reaction von *Adamkiewicz*, welche allerdings auch nur eine beſchränkte Anzahl ächter Eiweißſtoffe in prägnanter Weiſe darbietet. Höchſtens können die minimalen Indolmengen, welche man beim Schmelzen des möglichſt gereinigten Conchiolins mit Kali auftreten ſieht, vermuthen laſſen, daß ein allen Eiweißkörpern eigenthümlicher Atomcomplex auch im Conchiolin erhalten blieb.

Aus beigeſetzten Analyſen berechnet ſich für das Conchiolin die Formel: $C_{30}H_{48}N_9O_{11}$.

Analyſen des Conchiolins:

	Berechnet	Gefunden für die Eierkapſeln von Murex trunculus (Krukenberg) I. Präparat			II. Präparat		Buccinum undatum (Krukenberg)	die braunen Häute in den Auſterſchalen (Schlossberger)
C_{30}	50.70	50.78	50.88	—	51.22	51.00	50.72	50.7
H_{48}	6.76	6.71	6.81	—	7.01	7.04	6.82	6.5
N_9	17.75	17.88	17.74	17.79	17.99		17.92	16—16.7
O_{11}	24.79	(24.70)	(24.54)	—	(23.78)	(23.97)	(24.54)	(26.1)

Byſſusſubſtanz.

Ebenſo wie das Spongin iſt auch der in ſiedender Kalilauge unlösliche Theil des Secretes der bei gewiſſen Lamellibranchiaten

ſich findenden Byſſusdrüſe[21]), welcher bei Pinna nobilis, Dreissena polymorpha von *Schloßberger*, bei Mytilus gallo-provincialis von mir, allerdings nur ſehr ungenügend unterſucht wurde, einer weitern Nachforſchung in hohem Grade bedürftig.

Der Byſſus wurde von *Lavini* und *Scharling* zu den Horngeweben geſtellt, von *Leuckart* für Chitin erklärt, fein in ſiedender Kalilauge unlöslicher Beſtandtheil ſcheint mir jedoch die nämlichen chemiſchen Eigenſchaften wie das Conchiolin zu beſitzen; er verhält ſich gegen Säuren und Alkalien ziemlich genau ſo wie jenes, und auch die Zerſetzungsproducte ſind, ſoviel ſich eben darüber ausſagen läßt, in beiden Fällen die gleichen. Ich würde ſogar nicht anſtehen, beide Subſtanzen für identiſch zu erklären, wenn nicht die Analyſen von *Schloßberger*, welchen zu mißtrauen ich keinen Grund kenne, für die Byſſusſubſtanz einen weit niedrigern Stickſtoffgehalt ergeben hätten als für das Conchiolin. Der mechaniſch, dann durch Auskochen mit Waſſer, Alkohol und verdünnter Salzſäure gereinigte Byſſus gab 13,5—13,9% Stickſtoff, während die nach vollkommener Extraction mit kochender Kalilauge zurückbleibenden, gelbbraunen, ſehr brüchigen Bänder nur noch 12,2—12,6% Stickſtoff enthielten.

Da eine eingehendere Arbeit über die Byſſusſubſtanzen bevorſteht, ſo will ich mich hier des Weiteren darauf beſchränken, von *Schloßberger*'s Befunden am Pinna-Byſſus nur noch folgende hervorzuheben: Beim Erhitzen verkohlen die Byſſusfäden ohne zu ſchmelzen, mit Beibehaltung ihrer Form (wie Chitin). Kalte wie ſiedende Eſſigſäure laſſen die Fäden unverſehrt und auch mehrtägige Berührung mit feuchtem Chlorkalk verändert deren Structur kaum. Nach einer Stunde langem Kochen mit Waſſer unter 6 Atmoſphärendruck war der Byſſus nur etwas brüchiger geworden; «die über ihm befindliche Flüſſigkeit war gelb, leimte und gelatinirte nicht, gab aber mit Gerbſäure reichliche Flocken».

Das Cornein[22]), die Gerüſtſubſtanz der Gorgoniden und Anti- Cornein

pathiden, ſtimmt in den meiſten Reactionen mit dem Conchiolin überein: eine Aehnlichkeit, welche bereits *Frémy* aufgefallen war. Ebenſo iſt ſeine Reingewinnung die nämliche wie die des Conchiolins; doch auf's Beſtimmteſte unterſcheidet ſich von dieſem das Corneïn in folgenden Punkten: Es röthet ſich, ohne aber eine andere Eiweißreaction zu geben, beim Kochen mit *Millon*'s Reagens, verhält ſich weniger reſiſtent als das Conchiolin beim Kochen mit rauchender, concentrirter Salpeterſäure wie überhaupt den concentrirten Säuren gegenüber, entwickelt mit Kali geſchmolzen anſehnliche Mengen von Indol und liefert beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure neben Leucin einen in dachziegelförmig aufgebauten Plättchen kryſtalliſirenden, äußerſt hygroſkopiſchen Körper, der nur in concentrirter Schwefelſäure als unlöslich, darin aber als jahrelang haltbar befunden wurde, das Cornikryſtallin. Die unten mitgetheilten Analyſen deuten an, daß ſich das Corneïn zum Conchiolin wie die Oxalſäure zum Aethylenalkohol verhält, indem an Stelle von 4 Waſſerſtoff im Conchiolin 2 Sauerſtoff getreten ſind. Während *Frémy* die Achſe einer unbeſtimmten Gorgonenſpecies aus 49,4 Kohlenſtoff, 6,3 Waſſerſtoff, 16,8 Stickſtoff und dementſprechend aus 27,5 Sauerſtoff beſtehend fand, ergab mir das nach Art meiner Conchiolinpräparate beſſer gereinigte Corneïn folgende Werthe:

	Berechnet	Gefunden bei				
		Rhipidogorgia flabellum		Gorgonia verrucosa		Antipathes
C_{30}	48.78	48.92	48.96	48.86	49.18	48.86
H_{44}	5.95	5.68	5.93	5.80	5.83	6.26
N_9	17.07	17.06		16.76		16.60
O_{13}	28.20	(28.34)	(28.05)	(28.58)	(28.23)	(28.28)

Ueber die Geneſe der Hornachſe von Gorgonia verrucosa ſowie der von Antipathes haben die Arbeiten *G. v. Koch*'s[23]) einen werthvollen Aufſchluß ertheilt. Nach *v. Koch*'s Unterſuchungen

entſteht das Achſenſkelet von Gorgonia verrucosa nicht durch Verhornung der Bindeſubſtanz des Cönenchyms, ſondern es iſt ein Ausſcheidungsproduct der Achſenepithelzellen, und ebenſo wird auch das Binnenſkelet bei Antipathes «von einer Zellſchicht (Achſenepithel) ausgeſchieden, welche ſich innerhalb der dünneren Bindeſubſtanzlamelle, die eine Fortſetzung der Polypenwand iſt, befindet uud weder mit Ectoderm noch mit Entoderm in Verbindung ſteht».

Fibroïn und Sericin.

Noch eine Subſtanz bleibt uns zu betrachten übrig, welche ſich den bisher abgehandelten Skeletinen, beſonders dem Spongin, mit welchem ſie auch von *Croockewit* identificirt wurde, in ihren Eigenſchaften und, wie wir ſogleich erfahren werden, auch in ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung eng anſchließt: das Fibroïn[24]).

Die theils blinddarmähnlichen, theils baumartig gelappten, wohl auch birnförmig geſtalteten Spinndrüſen oder Sericterien, welche einige Abtheilungen der Arthropoden auszeichnen, ſondern kurz vor der Puppenperiode oder, was nur ſelten (z. B. bei den Phryganeen) vorkommt, im ganzen Larvenſtadium eine zähe Flüſſigkeit ab, welche bei ihrem Hervortreten aus den Secretgängen, zu einem Faden ausgezogen, an der Luft erſtarrt. Die betreffenden Arthropoden bereiten ſich auf dieſe Weiſe Geſpinnſte, welche ihnen Schutz gegen feindliche Eingriffe gewähren, ihnen zum Auskleiden von Erdhöhlen, zum Aufbau der Gehäuſe dienen oder, wie z. B. die ſog. Herbſtfäden den Xyſticus-, Pachygnatha- und Micryphanthus-Arten, zur ſchnellen Ortsbewegung behülflich ſind.

In dieſem Secrete, von welchem z. B. die Seidenraupen im reifen Zuſtande nach *Péligot*[25]) etwa 8—10% ihres Gewichtes entleeren, treffen wir, wenn dasſelbe feſt geworden iſt, ſowohl bei Spinnen wie bei den Lepidopterenchryſaliden das Fibroïn an; daneben findet ſich der ſog. Seidenleim, das Sericin, auf welches wir ſpäter noch zurückkommen werden.

Wird Rohſeide nacheinander mit Waſſer, Alkohol, Aether,

kalter 5%iger Natronlauge und mit Salzſäure ausgelaugt, darauf mit Waſſer ausgewaſchen oder mit Waſſer ſtundenlang auf 133° C. erhitzt und dann mit Aether und Alkohol extrahirt, ſo bleibt das Fibroïn als eine farbloſe, der entſchälten Seide ähnliche, zu zartem Pulver zerreibliche Maſſe zurück. Dasſelbe löſt ſich in concentrirter Salz- und Schwefelſäure raſch ſchon in der Kälte und wird in pulveriſirtem Zuſtande auch von ſiedender Eſſigſäure (nach mehrſtündigem Kochen), ſowie von concentrirter Kalilauge, von Kupferoxyd- und Nickeloxydulammoniak aufgelöſt; Säuren fällen aus den Metallſalzlöſungen farbloſe Flocken, welche ſich bei Säureüberſchuß wieder löſen. Eiweißreactionen ſoll das Fibroïn nicht geben, obſchon es, mit Barythydrat auf 150°—180° C. erhitzt, dieſelben Zerſetzungsproducte wie die Eiweißkörper liefert, beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure Spuren von Ammoniak entwickelt und in Leucin, Tyroſin und Glykocoll zerfällt. *Cramer* nahm für das Fibroïn die Formel: $C_{30}H_{46}N_{10}O_{12}$ an, welche ſich meines Erachtens nur wenig von der Wahrheit entfernen kann, und der, wie beiſtehende Tabelle zeigt, die beſſeren Analyſen auch annähernd entſprechen.

Analyſen des Fibroïns:

Formel nach *Cramer*	Berechnet	Gefunden						
		(Mulder)	*(Staedeler)*	*(Cramer)*		*(Vogel jr.)*	*(Bolley)*	
C_{30}	48.77	47.83	48.60	48.39	48.06	49.99	47.08	48.50
H_{46}	6.24	6.54	6.40	6.51	6.02	6.88	7.20	6.58
N_{10}	18.97	17.36	18.89	18.40	18.21	19.03	17.70	18.89
O_{12}	26.02	(28.27)	(26.11)	(26.70)	(27.71)	(24.10)	(27.02)	(26.03)

Wir wiſſen von einer ganzen Reihe thieriſcher Gerüſtſubſtanzen, daß ſie ſich im Jugendzuſtande gegen chemiſche Einwirkungen, ja ſelbſt in ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung anders verhalten als im Alter. So erfuhren wir bereits, daß ſowohl beim Corneïn wie beim Conchiolin (und dasſelbe gilt auch für die Byſſusſubſtanz)

«die Unlöslichkeit in Alkali meiſt um ſo ausgeſprochener iſt, je mehr dieſe Stoffe eine gewiſſe Entwicklung oder ein beſtimmtes Alter erreicht haben»[26]). Noch auffälliger ſind Altersdifferenzen dieſer Art bei dem Elaſtin, und, dem Folgenden vorgreifend, ſei auch ſchon hier bemerkt, daß die keratinöſe Subſtanz, welche die Selachiereierſchalen bildet, anfangs durch Pepſinſalzſäure leicht zu verdauen, ſpäter aber für dieſe ebenſo unangreifbar wie die übrigen Hornſubſtanzen geworden iſt. *Bolley*'s Analyſen weiſen bei dem Fibroïn, *Schloßberger*'s Befunde bei der Byſſusſubſtanz auch darauf hin, daß beide Materien mit der Zeit nicht nur ſchwerer angreifbar für chemiſche Agentien, ſondern, wie wahrſcheinlich auch die Hornſubſtanzen, zugleich ſtickſtoffreicher werden. Handelt es ſich jedoch darum, in überzeugender Weiſe darzuthun, daß ſo ziemlich alle der hier aufgezählten thieriſchen Gerüſtſubſtanzen friſch angebildet oder ſecernirt ganz andere Eigenſchaften beſitzen als auf einer höheren Altersſtufe, wo ſie ihrer phyſiologiſchen Beſtimmung erſt entſprechen, ſo bietet uns die Seide unzweifelhaft das inſtructivſte Beiſpiel dar; man könnte ſich faſt verſucht fühlen, für die durch ihre veräſtelten Rieſenkerne ſchon hiſtiologiſch ſo merkwürdigen Zellen der Sericterien bei den Schmetterlingsraupen einen ebenſo myſteriöſen Einfluß auf das Flüſſigbleiben des Spinndrüſenſaftes anzunehmen, als ein ſolcher den unſcheinbaren Endothelien der Gefäßwandung als fibringerinnungshinderndes Moment zuerkannt wird.

Ganz im Gegenſatze zu dem Fibroïn, deſſen große Widerſtandsfähigkeit den gewöhnlichen Löſungsmitteln gegenüber wir ſoeben kennen gelernt haben, beſitzt der friſche Seidenſaft eine bernſtein- bis goldgelbe Farbe, iſt durchſichtig, zähe, löſt ſich in Waſſer zur neutralen goldgelben Flüſſigkeit, welche beim Kochen ohne zu gerinnen aufſchäumt, beim Stehen zur zitternden Gallerte erſtarrt und ſich beim Kochen nicht wieder völlig klärt. Die Löſung iſt in der Hitze fadenziehend und ſcheidet auf Säurezuſatz ein flockiges Gerinnſel ab, welches ſich bei Säureüberſchuß nicht auflöſt; ſogleich

mit viel Säure verſetzt, bleibt ſie klar, erſtarrt aber nach einigen Stunden zur Gallerte. Die Löſung färbt ſich beim Kochen mit concentrirter Salzſäure ſchmutzig violett, wird durch Natronlauge, Kalkwaſſer, Sublimat, Höllenſtein oder Blutlaugenſalz nicht verändert und entwickelt, mit Natronlauge gekocht, auf Salzſäurezuſatz kein Schwefelwaſſerſtoffgas; Bleizucker und Kupferſulfat erzeugen in der urſprünglichen Löſung einen gallertigen, Gerbſäure einen flockigen Niederſchlag.

Dieſer friſche Seidenleim, der an der Luft zur Seide erhärtet, iſt nach *Bolley* nichts anderes als weiches Fibroïn, welches ſich beim Spinnen oberflächlich in Seidenleim (Sericin) umſetzt. Das Sericin geht aus der Rohſeide in die wäſſrige Abkochung über, läßt ſich aus dieſer durch Bleieſſig fällen und ſtellt, aus der Bleiverbindung durch Schwefelwaſſerſtoff abgeſchieden ein weißes, geruch- und geſchmackloſes Pulver dar, welches ſich, wie die beiſtehend mitgetheilten Analyſen lehren, in ſeiner chemiſchen Zuſammenſetzung nicht ſehr weit vom Fibroïn entfernt, ſich von dieſem aber durch ſeine Löslichkeit in Waſſer wie durch ſeine Zerſetzungsproducte unterſcheidet. Schon in kaltem Waſſer quillt das Sericin auf, löſt ſich in heißem und bildet dann, ähnlich dem Glutin, beim Erkalten eine gelatinirende Maſſe. Aber auch vom Glutin unterſcheiden es ſchon ſeine Zerſetzungsproducte; denn Sericin giebt beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure kein Glykocoll und nur wenig Leucin, wohl aber etwa 5% Tyroſin und 10% Serin (die in Prismen kryſtalliſirende Glyceramin- oder Amidomilchſäure), welches mit ſalpetriger Säure in Glycerinſäure übergeht:

$$\underset{\text{(Serin)}}{C_3H_7NO_3} + NO \cdot OH = \underset{\text{(Glycerinſäure)}}{CH_2(OH) \cdot CH(OH) \cdot COOH} + N_2 + H_2O.$$

Analyſen des Sericins:

	Berechnet	Gefunden	
		Mittelwerth *(Cramer)*	*(Bolley)*
C_{30}	44.67	44.32	44.29
H_{50}	2.61	6.18	5.81
N_{10}	1762	18.30	18.64
O_{16}	31.50	(31.20)	(31.26)

Ueber die Geneſe des Fibroïns iſt nichts Näheres ermittelt; doch möchte ich die Angabe von *Péligot* nicht unerwähnt laſſen, daß die Seidenraupen, wenn ſie bereits die erſten Fäden geſponnen haben, grüne oder weiße, harnſäurereiche Excrete bilden, während ſie ſpäter eine farbloſe, in Folge des Gehaltes an 1,5% Kaliumcarbonat alkaliſche Flüſſigkeit abſondern.

Die Formeln für die einzelnen Skeletine.

Chitin (*Sundwik*) Halbirte Formel	Chitin (*Ledderhoſe*) Verdoppelte Formel	Conchiolin	Cornein	Spongin	Fibroïn	Sericin
		(*Krukenberg*)			(*Cramer*)	
C_{30}	C_{30}	C_{30}	C_{30}	C_{30}	C_{30}	C_{30}
H_{50}	H_{52}	H_{48}	H_{44}	H_{46}	H_{46}	H_{50}
N_4	N_4	N_9	N_9	N_9	N_{10}	N_{10}
O_{19}	O_{20}	O_{11}	O_{13}	O_{13}	O_{12}	O_{16}

Wenn ich mich veranlaßt ſah, die beſondere Gruppe der Skeletine aufzuſtellen, ſo geſchah das weniger aus dem Grunde, weil die in ihr vereinigten Stoffe durch ihren Schwefelmangel und das Fehlen aller entſcheidenden Reactionen ſo ſehr von den Eiweißkörpern abweichen, daß es völlig willkürlich ſein würde, ſie als Albuminoïde zu bezeichnen, ſondern weit mehr noch deshalb, weil dieſelben (wie ſchon ein flüchtiger Blick auf beiſtehende Tafel lehren dürfte), vielleicht mit Ausnahme des Chitins, dem wir überdies eine Sonderſtellung unter den Skeletinen eingeräumt haben, in ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung ſo außerordentlich verwandt erſcheinen. Der von *Staedeler*, *Ledderhoſe*, *Tiemann* u. A. geäußerten Anſicht, daß bei chemiſch ſo complicirt gebauten Subſtanzen, wie es die Skeletine ſind, und welche keine Verbindungen mit anderen Körpern eingehen, deren Reingewinnung ferner mit ausnehmenden Schwierigkeiten verbunden iſt, die Berechnung einer chemiſchen Formel durch die Analyſen allein, ohne genaue Kenntniß der Spaltungsproducte, nicht ermöglicht wird, ſchließe ich mich vollkommen an; aber wenn ich auch zugeſtehe, daß die von *Cramer*

für das Fibroïn und Sericin berechneten Werthe von den gefundenen erheblich abweichen, ſo kann ich mich doch nicht des Gedankens erwehren, daß die durch die Analyſen gefundenen Beziehungen, wenn auch mit geringfügigen Abweichungen, zwiſchen den einzelnen Skeletinen thatſächlich beſtehen. Auf dieſen Nachweis lege ich kein geringes Gewicht; denn ich glaube dadurch den Schlüſſel gefunden zu haben, mit welchem das dunkle Gebiet der Eiweißſtoffe, wenn auch erſt im Laufe der Jahre, zu erſchließen ſein wird. Durch das Studium der Skeletine und ähnlicher Subſtanzen wird ſich ſicherlich am Leichteſten entſcheiden laſſen, von welchen Seitenketten im Molecül die einzelnen Eiweißreactionen abhängig zu machen ſind, und die Erfahrungen an der Summe der hierhin zählenden Körper werden dann auch zu erſetzen vermögen, was uns an Speciellerm über ein und dieſelbe Subſtanz zu ermitteln verſagt iſt.

Das Chitin weicht in ſeinen Zerſetzungsproducten wie in ſeiner procentiſchen Zuſammenſetzung zu ſehr von den übrigen Skeletinen ab, als daß an eine nähere Beziehung desſelben zu jenen vorerſt gedacht werden könnte; vielen Reactionen nach ließe es ſich weit beſſer einer andern Gruppe der Gerüſtſubſtanzen, nämlich den Hyalogenen einreihen, doch da dasſelbe keine Eiweißreactionen giebt, kann es weder als ein ächtes Hyalogen, noch, wegen ſeiner Unlöslichkeit für Waſſer, als ein ächtes Hyalin betrachtet werden.

III. Die albuminoïden Subſtanzen.

Die Hyalogene und Hyaline.

Bei den Wohnröhren mehrerer Borſtenwürmer, bei der Haut gewiſſer Holothurienformen, bei den Matrixzellen der Schlangenhaut, beim Knorpelgewebe der Säugethiere, bei den Blaſen der Echinococcen, bei den Gummineen oder den Gummiſchwämmen (Chondrosia reniformis) und gewiß noch an unzähligen anderen Plätzen im Organismus ſtößt die Forſchung, wie ich kurz ſchon

vorhin (S. 192) bemerkte, auf Materien, welche die weſentlichen Eiweißreactionen (ſo vor allem die Violettfärbung beim Kochen mit concentrirter Salzſäure, die Xanthoprotein- und die *Millon*'ſche Probe) mehr oder weniger vollkommen zeigen, welche ſich aber dadurch von allen aechten Eiweißkörpern unterſcheiden, daß ſie, ohne oder unter Abnahme ihres Schwefel- und Stickſtoffgehaltes beim Kochen mit verdünnten Mineralſäuren, bei Behandlung mit kalter Natronlauge oder durch vitale, nervöſe Einflüſſe (ſo bei den Holothurien), manche vielleicht auch ſchon durch die Einwirkung proteolytiſcher oder amylolytiſcher Enzyme in für Waſſer leicht lösliche, ſtickſtoffhaltige Körper, in Hyaline übergehen, welche durch weitergehende Umſetzungen ſchließlich reine Kohlehydrate ergeben; wie ich S. 193 bereits ebenfalls bemerkte, iſt dieſer Wechſel in den Reactionen aber nur am Spirographin genau verfolgt, in den übrigen Fällen ſtieß ſein Nachweis auf unüberwindliche, experimentelle Schwierigkeiten.

Die Zuſammenſetzung der Hyalogene[27]), welche uns, da die Hyaline in wäſſrigen Flüſſigkeiten durchgängig leicht löslich ſind und deshalb als Stützſubſtanzen direct keine Bedeutung beſitzen können, ſtreng genommen hier allein angehen, haben jedenfalls eine ſehr verwickelte chemiſche Structur, und dieſe muß uns nach den Analyſen noch weit complicirter erſcheinen als ſie es in Wahrheit ſein wird, weil die Hyalogene ſehr labiler Natur ſind und mit den hyalinen Spaltungsproducten häufig ſchon in ihrem natürlichen Vorkommen gemiſcht ſind oder, wenn das nicht der Fall iſt, bei den angewandten Reinigungsverfahren ganz regelmäßig zum Theil in Hyaline umgeſetzt werden. Die beiden näher unterſuchten, in größerer Menge zu erhaltenden und leichter zu reinigenden Hyalogene, das Spirographin und das Hyalin κατ' ἐξοχήν — letzteres von *Lücke* in den Echinococcusblaſen entdeckt und von *Hoppe-Seyler* benannt, — bieten als ſolche keine Beſonderheiten dar; ein weit größeres chemiſches Intereſſe fällt aber den

Hyalinen zu, durch deren Eigenſchaften auch die zugehörigen Hyalogene allein zu charakteriſiren ſind. Die beſſer bekannt gewordenen Hyaline, welche im reinen Zuſtande keine Eiweißreactionen mehr aufweiſen, unterſcheiden ſich von einander vornehmlich durch ihren abweichenden Stickſtoffgehalt und durch ihr Verhalten zu den Metallſalzen. So verbindet ſich das durch die Chloride des Baryums, des Eiſens, des Chroms und des Zinns, nicht aber durch Calciumſalze fällbare Spirographidin mit ca. 37% Eiſen und mit 48,87% Zinn; das mit Calcium- wie mit Eiſenphosphat unlösliche Doppelſalze gebende Onuphin bindet dagegen 34—56% Eiſenphosphat, und von der lediglich durch neutrale Ferricumſalze, durch baſiſches Bleiacetat und Zinnchlorid, nicht aber durch die Chloride des Calciums, Baryums und Chroms niederzuſchlagenden Chondroïtſäure ſind nur Salze bekannt geworden, welche 10—12% Eiſen oder etwa 39% Blei enthalten; auf Zuſatz von Silbernitrat wie Queckſilberchlorid bleiben ſämmtliche, bislang unterſuchten Hyaline gelöſt. Eine Reingewinnung der Hyaline iſt immer noch nicht gelungen, und es iſt jetzt gewiß ſehr fraglich, ob dieſelben im freien Zuſtande überhaupt exiſtenzfähig ſind; der Aſchengehalt der Chondroïtſäure ließ ſich im günſtigſten Falle auf 7,4% reduciren, der des Onuphins betrug 10—15% und der des Spirographidins ſogar noch 17,4—23%. Unſer ſtellenweiſe ſehr dürftiges Wiſſen von den Hyalogenen und ihren Derivaten habe ich vor einem Jahre gelegentlich zuſammengeſtellt; eine Vervollſtändigung durch fortgeſetzte Unterſuchungen hat dasſelbe inzwiſchen nicht erfahren, und ſo kann denn auch die damals gegebene Ueberſicht, welche auf S. 219 reproducirt iſt, noch jetzt zur Orientirung dienen.

Die Subſtanzen, welche unter der landläufigen Bezeichnung «Mucine» gehen, ſind in der Regel nichts anderes als durch Hyaline oder Kohlehydrate verunreinigte Eiweißſtoffe, vorausgeſetzt daß in ſolchen Fällen nicht ganz andersartige Verun-

Tabellariſche Zuſammenſtellung der Subſtanzen aus der Hyalingruppe.

Hyalogen	Zugehöriges Hyalin	Bei der Umſetzung bisweilen auftretender Körper aus der Eiweißgruppe	Reines Kohlehydrat als Endproduct der Umſetzung
Hyalogener Beſtandtheil des Knorpels	Chondroïtſäure (als Eiſenſalz: $C_{28}H_{51}SN_3O_{30}Fe_2$)		Linksdrehende Chondroglykoſe, die ſich durch Gährung (ähnlich der Melitoſe) in einen gährenden und nicht gährungsfähigen Zucker ſpaltet (*J. de Bary*)
Metalbumin, Mucin zum Theil	zum Theil		Thieriſches Gummi ($C_{12}H_{20}O_{10}$)
Hyalogen in der Schlangenhaut, beim Häutungsprozeſſe ſich erſt in größerer Menge bildend. Von *de Luca* für Celluloſe gehalten	*de Luca*'s reducirend wirkender Körper		
Hyalogener Beſtandtheil der Wohnröhren von Onuphis tubicola	Onuphin ($C_{24}H_{43}NO_{18}$)	*Schmiedeberg*'s Albuminoid (?) (45,35% C. 6,60% H)	*Schmiedeberg*'s Dextrinoid
Spirographin	Spirographidin ($C_{35}H_{70}N_9O_{25}$)	Spirographeïn	Glykoſe (?)
Hyalogener Beſtandtheil des ſog. Schneckenmucins (Helix pomatia)	Achrooglykogen		Dextrin und Glykoſe
Sog. Hyalin der Echinococcusblaſen[1])	(nicht unterſucht)		Gährungsfähiger, rechtsdrehender Zucker (Glykoſe?)
Chondroſin (aus Chondrosia reniformis)	(noch ununterſucht gelaſſen)		Gährungsfähige, kryſtalliſirende Zuckerart (Glykoſe?)

[1]) Obſchon der Aſchegehalt bei jüngeren (15,80%) und älteren (0,29%) Echinococcusblaſen erheblich abweicht, unterliegt die elementare Zuſammenſetzung nur geringen Schwankungen. *Lücke* fand für jüngere Häute 44,07% C, 6,71% H, 4,48% N, 44,74% O und für ältere 45,34% C, 6,55% H, 5,16% N, 42,95% O.

reinigungen eiweißartigen Maſſen eine ſchleimige Beſchaffenheit verleihen, welche dann, wie z. B. das aus Eiweiß und Gallenſäuren bestehende ſog. Gallenmucin, ohne genauere Prüfung ebenfalls für Mucine ausgegeben wurden. Nach Abtrennung der Hyalogene, der Hyaline und ihrer Endproducte von reiner Kohlehydratnatur iſt zwiſchen den ſog. unlöslich gewordenen Mucinen und den Hornſtoffen keine Grenze mehr zu ziehen; im phyſiologiſchen Sinne decken sich beide Begriffe vollſtändig.

Es wird sich kaum verkennen laſſen, daß, indem wir unſere Betrachtungen der thieriſchen Gerüſtſubſtanzen mit dem Tunicin begannen, durch die Skeletine hindurch weiterführten und dann zu den Hyalogenen gelangten, wir von chemiſch einfacher conſtituirten Verbindungen zu immer complicirter werdenden vorgerückt ſind. Noch mehr erhellt dieſe Steigerung der Complicirtheit in der Zuſammenſetzung, wenn wir die Analyſen und die Spaltungsproducte derjenigen Albuminoïde mit in Vergleich ziehen, deren Beſprechung uns noch bevorſteht: der Collagene, der Keratine und der Elaſtine. Entſprechend dem verwickeltern chemiſchen Gefüge, der Annäherung an die aechten Eiweißſtoffe conſtatiren wir dann die auch von *Drechſel*[28]) hervorgehobene Thatſache, daß im Gegenſatze zum Tunicin und den Skeletinen, welche, ſoviel wenigſtens bis jetzt ermittelt werden konnte, ein ausſchließlicher Beſitz wirbelloſer Thiere ſind, die Collagene, die Keratine und die Elaſtine hauptſächlich bei den Vertebraten vorkommen und in analoger Weiſe, als die Nachforſchungen über die Verbreitung des Hämoglobins ergeben haben, nur hier und da bei einer kleinen Gruppe oder bei nur wenigen Vertretern der Wirbelloſen ganz vereinzelt auftreten. Ich brauche indeß wohl kaum weiter auszuführen, daß über die Verbreitung der Gerüſtſubſtanzen weit ſchwieriger eine Gewißheit zu erzielen iſt als bei den Farbſtoffen; denn des äußeren Stempels der Uebereinſtimmung oder Verſchiedenheit, welchen letztere an ſich tragen, entbehren die Gerüſtſubſtanzen ganz; wo

man glaubte, auch ſie ſogleich als das, was ſie ſind, erkennen zu können, hat man ſich nahezu allemal bitter getäuſcht: der Schleier, der die wahre Natur der Gerüſtſubſtanzen uns verhüllt, iſt, ſo lehrt die Geſchichte, nur durch die intenſivſten Unterſuchungen zu lüften. Bei dieſer Sachlage verdient nun aber der Umſtand alle Beachtung, daß die aechten Eiweißkörper ſich nicht wie die Albuminoïde vorherrſchend bei den Wirbelthieren an dem Aufbaue der Stützvorrichtungen betheiligen, ſondern daß ſie eine mächtigere Entfaltung nach dieſer Richtung hin nur im Bereiche der Wirbelloſen erfahren: unter den Echinodermen, ſpeciell bei den Aſteriden, vielleicht auch bei den Echiniden wie Crinoïden (aber nicht ſchon mehr bei vielen Holothurioïden) und außerdem noch unter den Zoophyten, z. B. bei den Meduſen.

Können wir, was die Verbreitung im Thierreiche anbetrifft, die Collagene, Keratine und Elaſtine in eine Parallele mit dem Hämoglobin bringen, ſo werden die Hyalogene durch ihren umfangreichen Verbreitungskreis den Lipochromen an die Seite zu ſtellen ſein; denn ihrer werden ſich, wenn ſchon die Acten darüber keineswegs geſchloſſen ſind, vorausſichtlich ſämmtliche Organismen bedienen, wenn es gilt, untauglich gewordene Gewebe abzuſtoßen, innere Theile durch andersartige zu erſetzen oder gewiſſe Stoffwechſelproducte ſecretionsfähig zu machen.

Die Collagene.

Das Bindegewebe, das elaſtiſche Gewebe, das Knochen-, Knorpel- und Zahngewebe bilden bei ſämmtlichen Wirbelthieren (auch Amphioxus iſt, entgegen der irrigen Behauptung von *Hoppe-Seyler*,[29]) dabei nicht auszuſchließen) eine hiſtiologiſch wie chemiſch zuſammengehörige Gruppe. Das hiſtiologiſch Gemeinſame dieſer auf den erſten Blick ſehr verſchiedenartig ausſehenden Structuren liegt darin, daß eine als Zellenderivat oder Zellenausſcheidung betrachtete und deshalb gewöhnlich Intercellularſubſtanz genannte Grundmaſſe mit eingelagerten Zellenkörpern in allen vorhanden iſt. Ferner in ihrer Molecularſtructur: die Analyſe im polariſirten

Lichte erweiſt jene Grundſubſtanz aus zahlreichen, kleinſten, einachſigen, poſitiv doppelt brechenden Körperchen zuſammengefügt, welche mit ihrer Hauptachſe der Längsrichtung jener Zellenkörper, die meiſt länglich-oval ſind, oder deren Flächenausdehnung parallel liegen. In chemiſcher Beziehung ſtimmen ſie, ausgenommen das elaſtiſche Gewebe, darin überein, daß ſie beim Kochen mit Waſſer Glutin-, d. h. Leimlöſungen geben, Flüſſigkeiten alſo, welche ſich durch ihre Klebkraft auszeichnen und beim ruhigen Erkalten zu einer Gallerte erſtarren. Die Subſtanz, welche das Gelatinirungsvermögen der wäſſrigen Auskochungen veranlaßt, iſt das Collagen[30]), welches bei jener Operation in Glutin übergeführt wird, und welches, da dieſe Umſetzung (unabhängig von der Textur des Gewebes oder von fremden Beimengungen) bald ſehr raſch (ſo z. B. bei dem gewöhnlichen Bindegewebe der Fiſche), bald weit langſamer erfolgt, nicht überall genau das nämliche ſein kann; deshalb ſprechen wir auch nicht von einem, ſondern von mehreren Collagenen[31]).

Vorwiegend durch den Einfluß *Hoppe-Seyler*'s und ſeiner Schüler hat ſich, ſo unglaublich es auch dermaleinſt erſcheinen wird, die Auffaſſung Decennien hindurch unangetaſtet erhalten können, daß dem Knorpel eine chemiſch ganz andere Subſtanz, das ſog. Chondrogen, welches beim Kochen mit Waſſer das ſog. Chondrin liefern ſollte, zu Grunde liege als dem Binde- und dem Knochengewebe. Dieſe gänzlich verfehlte Anſicht wurde zuerſt von *v. Morochowetz*[32]) als höchſt unwahrſcheinlich hingeſtellt, und ſpäter dann auch von mir[33]) gezeigt, daß das ſog. Chondrogen nichts anderes als ein, mit einem Hyalogen und deſſen Spaltungsproducten (in dieſem Falle Chondroïtſäure und Chondroglykoſe) gemiſchtes Collagen iſt.

Mit dem Collagen in ihren Haupteigenſchaften und beſonders in dem Gelatinirungsvermögen der wäſſrigen Auskochungen übereinſtimmende Gerüſtſubſtanzen ſind auch bei Wirbelloſen nachgewieſen, ſo z. B. bei einem Gephyreen (Sipunculus nudus), bei mehreren

Holothurienarten (Cucumaria Planci, Thyone fusus, Stichopus regalis, Holothuria tubulosa, H. Poli) und im Kopfknorpel der Cephalopoden; da ſich nun aber in letzteren Fällen die urſprüngliche Subſtanz gegen die proteolytiſchen Enzyme diametral verſchieden von dem Collagen der Wirbethiere verhält, ſo liegt im Cephalopodenknorpel wie bei den Holothurien ſicherlich eine, auch hier (ähnlich wie im Säugerknorpel) außerdem noch mit einem Hyalogen und deſſen Spaltungsproducten untermiſchte Materie vor, die mit dem Collagen unmöglich identiſch ſein kann und deshalb auch als Tryptocollagen bezeichnet wurde. Auch noch bei einigen anderen Holothurienformen (Colochirus quadrangularis, Mulleria lecanora etc.) wie bei Brachiopoden (Lingula anatina) will *Hilger*, in Tunicatenmänteln *Schaefer*, in Auſtern *Pasquier* collagene Stoffe nachgewieſen haben; doch gelang es dieſen Unterſuchern in keinem Falle das Gelatinirungsvermögen der wäſſrigen Auskochungen zu beobachten und ihre ziemlich willkürlichen Annahmen irgendwie beſſer zu ſtützen.

Ueber das Collagen, welches durch Extraction von Knochen mit verdünnter Salzſäure, aus Sehnen durch Extraction mit Kochſalzlöſung und darauf folgende alkaliſche Trypſinverdauung annähernd rein zu gewinnen iſt, läßt ſich wegen ſeiner Unlöslichkeit als ſolchem ſelbſtverſtändlich ebenſowenig ausſagen als über die Hyalogene. Bemerkenswerth iſt darüber nur, daß ſich dasſelbe weder in Waſſer noch in Salzlöſungen und Natronlauge löſt, durch Pepſin verdaut, von alkaliſchen Trypſinflüſſigkeiten dagegen nur dann in ſog. Leimpeptone übergeführt wird, wenn es zuvor durch Säuren zum Quellen oder durch Waſſer von 70° C. zum Schrumpfen gebracht wurde; ganz anders verhält ſich das Tryptocollagen: dieſes iſt durch Trypſin leicht verdaulich und wird von Pepſinſalzſäure ſehr langſam angegriffen.

Wie in der Klaſſe der Hyalogene die Unterſuchungen faſt ausſchließlich den Hyalinen zugewandt waren, ſo in der Klaſſe der

Collagene vorwiegend dem Glutin. Reine Leimlöſungen ſind farblos, in dünnen Schichten durchſichtig, ſtark linksdrehend, färben ſich (zum Unterſchiede von den Eiweißſtoffen) nicht beim Kochen mit *Millon*'s Reagens, geben aber die Biuretprobe und ſind fällbar durch Alkohol, Queckſilberchlorid, Metaphosphorſäure und Gerbſäure, nicht aber durch Alaun, Bleizucker, Eiſenſalze oder durch Eſſigſäure und Ferrocyankalium. Bei längerem Kochen mit Waſſer verlieren Leimlöſungen ihr Gelatinirungsvermögen, indem das Glutin in ſog. Leimpepton übergeht; letzteres iſt von *Hofmeiſter*[34]) in zwei zweibaſiſche, weiterhin in Glycin und Leucin zu ſpaltende Säuren zerlegt, von denen die eine, das Semiglutin, durch Platinchlorid, die andere, das Hemicollin, durch Phosphorwolframſäure gefällt wurde; die Analyſen der Kupfer- reſp. Platinverbindungen dieſer Körper veranlaßten *Hofmeiſter* für die Umwandlung des Collagens in Glutin und deſſen Spaltung in Semiglutin und Hemicollin folgende Gleichungen aufzuſtellen:

I. $\underset{\text{(Collagen)}}{C_{102}H_{149}N_{31}O_{38}} + H_2O = \underset{\text{(Glutin)}}{C_{102}H_{151}N_{31}O_{39}}$

II. $\underset{\text{(Glutin)}}{C_{102}H_{151}N_{31}O_{39}} + 2H_2O = \underset{\text{(Semiglutin)}}{C_{55}H_{85}N_{17}O_{22}} + \underset{\text{(Hemicollin)}}{C_{47}H_{70}N_{14}O_{19}}.$

Mannigfacher Art ſind die aus dem Glutin erhaltenen Zerſetzungsproducte, ſowohl beim einfachen Erhitzen (Waſſer, Ammoniak, Methyl- und Butylamin, Kohlenſäure, Cyanammonium, Pyrrhol [C_4H_5N] und Derivate desſelben, wie Homopyrrhol [C_5H_7N], Dimethylpyrrhol [C_6H_9N], Pyrocoll [$C_{10}H_6N_2O_2$]; außerdem noch kleine Mengen flüſſiger Kohlenwaſſerſtoffe, Spuren von Phenol und anderen nicht näher unterſuchten Producten, vielleicht Chinolin, aber ſicher nichts von Pyridinbaſen), beim Kochen mit verdünnten Mineralſäuren (Glykocoll, Leucin, Aſparaginſäure und unter anderen Amidoſäuren wahrſcheinlich auch Glutaminſäure, aber kein Tyroſin) wie beim Erwärmen mit Kalilauge (unter anderen Leucin und Glykocoll). Gegen Barythydrat verhält ſich Leim bei 150°—200° C.

im Allgemeinen wie die Eiweißkörper; ebenſo bei der Oxydation mit Kaliumchromat und Schwefelſäure.

Die Keratine.

Es iſt eine Eigenthümlichkeit der Epidermiszellen der Wirbelthiere, daß ſie unter Waſſerverluſt und gewöhnlich auch unter Schwinden des Zellkerns dem Organismus noch eine längere Zeit, zwar mehr als paſſive Theile erhalten bleiben. Die Zellen verhornen, wie man ſagt, und gehen ſo in die Subſtanzen über, welche als Keratine[35]) zuſammengefaßt werden. Die Zuſammenſetzung der Hornſtoffe muß demnach nothwendig in der urſprünglichen Zuſammenſetzung der Zellen begründet liegen, und damit Horn ſich bilde, bedarf es weder einer Erſetzung des im urſprünglichen Eiweiß vorhandenen Sauerſtoffs durch Schwefel, wie z. B. *Drechſel*[36]) annimmt, noch der Subſtitution eines Theiles der im Eiweiß angenommenen Leucin- oder verwandte Amidoſäuren gebenden Atomcomplexe durch Tyroſin. Die Verhornung läßt ſich durch eine einfache Waſſerabgabe vollauf verſtändlich machen, durch eine Waſſerabgabe allerdings, die mit einer Eintrocknung durchaus nichts zu ſchaffen hat; «denn dieſelbe verläuft auch an Stellen, die niemals aufhören befeuchtet zu ſein, ſo an der Epidermis der im Waſſer lebenden Säugethiere, beim Fötus u. ſ. w.»[37]) Erinnert man ſich der ſog. Dermoidgeſchwülſte, deren Bildung von Organen ausgeht, die nachweislich dem embryonalen Hornblatte angehören, des Vorkommens großer Haarbüſchel in den Eierſtockscyſten, deren Entwicklung von Zellen des Ovariums ausgegangen ſein muß, welche in hiſtiogenetiſchem Sinne dem Ei ſelbſt gleichwerthig ſind, des Neurokeratins als Stützſubſtanz der Hirnmaſſe und der markhaltigen Nervenfaſern, welche letzteren dadurch ebenfalls ihren ectodermalen Urſprung documentiren, ferner auch des Auftretens keratinöſer Subſtanzen in den Eierſchalen ſowohl der Vögel und Selachier, wie auch der Proſobranchier unter den Mollusken, ſo liegt gewiß nichts näher als die Annahme, daß alle perſiſtenten ectodermalen Gebilde der Hornbildung unterworfen ſein müſſen, während nur ganz ausnahms

weiſe Meſoderm- oder, wenn man will, Entodermbildungen (wie die Hüllen um den Selachier- und Hühnereiern) in gleicher Art keratiniſiren. «Die Zuſammenſetzung des Linſengewebes, in welchem Keratin zu fehlen ſcheint, lehrt indeß, daß aus dem Hornblatte bei der Entwicklung nicht nothwendig immer Epidermisſubſtanz hervorzugehen braucht; denn während in allen epidermoïdalen Zellen das Eiweiß zurücktritt, befindet es ſich beſonders rein und reichlich gerade in den Linſenfaſern.» Die zuletzt angeführten Fälle des Keratinvorkommens, ſein Auftreten in den Eikapſeln bei organiſatoriſch ſo verſchiedenartigen Thieren zeigt uns aber weiterhin, daß es ſich bei den Keratinen nicht ausſchließlich um metamorphoſirte Zellen handelt, ſondern daß auch aechte Secrete vollſtändig keratiniſiren: Secrete, welche friſch erſtarrt, ſich in ihren chemiſchen Eigenſchaften dem Fibrin ähnlich verhalten oder wenigſtens von Pepſinlöſungen leicht verdaut werden und erſt ganz allmählich zu der Reſiſtenz gelangen,[38]) welche als eine Eigenthümlichkeit der Keratine angeſprochen wird.

Analyſen der Keratine:

	Wolle (*Scherer*)	Weiße Kuhhaare (*Mulder*)	Menſchliche Haare (*v. Laer*)	Menſchliche Nägel (*Scherer*)	Epidermis der menſchl. Fußſohle (*Scherer*)	Pferdehuf (*Mulder*)	Büffelhorn (*Scherer*)	Fiſchbein (*v. Kerkhoff*)	Federſpule (*Scherer*)	Schildpatt (*Mulder*)	Schalenhaut d. Hühnereies (*Hammarsten*)	Eierſchale von Scyllium catulus (*Krukenberg*)
C	50.65	50.5	50.65	51.09	51.04	51.10	51.9	51.86	52.4	54.89	49.78	51.50
H	7.03	6.9	6.36	6.82	6.80	6.77	6.7	6.87	7.2	6.56	6.64	6.51
N	17.71	16.8	17.14	16.90	17.23	17.28	17.3	15.71	17.9	16.77	16.43	15.34
S	24.61	5.4	5.00	25.19	24.93	4.60	24.0	3.60	22.5	2.22	4.25	0.88
O		20.4	20.85			20.15		21.17		19.56	22.90	25.77

Unter dieſen Verhältniſſen kann es nun auch nicht Wunder nehmen, wenn für die Hornſtoffe ſo ſehr verſchiedene, procentiſche Zuſammenſetzungen (ſ. obenſtehende Tabelle) gefunden wurden, wenn

der meiſt hohe, $4^1/_2$—$5^1/_2$% erreichende Schwefelgehalt ein anderes Mal unter 1% hinabſinkt, und übereinſtimmende Werthe für ein Keratin durchaus analoger Herkunft nicht erzielt werden konnten; es liegt deshalb auch dieſer Bezeichnung ein rein phyſiologiſcher, kein chemiſcher Begriff zu Grunde. Wo die Subſtanzen phyſiologiſchen Transformationen ſtändig unterworfen bleiben, genügt es der chemiſchen Phyſiologie dieſen Wandel verſtehen zu lernen, und die Sucht, chemiſche Formeln aufſtellen zu können, führt unter ſolchen Umſtänden kein Verſtändniß herbei, ſondern nur von dieſem ab.

Wie bereits kurz angedeutet wurde, ſind die Keratine keineswegs im Vorkommen auf die Wirbelthiere beſchränkt; auch bei den Würmern ſetzen ſich die Epidermoïdalgebilde vorwiegend aus ihnen zuſammen und auch bei Mollusken finden ſich dieſelben vor. Die ſehr inſtructiven, demnächſt zur Veröffentlichung gelangenden Bilder, welche Herr *Giltſch* von den Eierſchalen mehrerer Proſobranchier nach dem Kochen derſelben mit *Millon*'s Reagens entworfen hat, weiſen jedoch darauf hin, daß dieſe Thiere äußerſt ſparſam bei der Verwendung der keratinöſen Maſſe als Kittmaterial verfahren, und die chitinöſen Gebilde der Arthropoden wie der Cephalopoden ſind zwar mit peptiſch leicht verdaubaren Eiweißſubſtanzen dicht durchwebt, aechte Hornſubſtanzen ſind darin aber nicht aufzufinden geweſen. Zugleich lehrt die Erhaltung aller Gelenkverbindungen an dem Integumente der Arthropoden nach der Reingewinnung des Chitins, daß dieſes nicht nur die einzelnen Skelettheile bildet, ſondern auch die Verbindungsmaſſe zwiſchen den einzelnen Stücken ausmacht, während das Conchiolin, vielleicht weil es zu raſch erſtarrt, ſich zu dieſem Zwecke nicht eignet und deshalb als Kittſubſtanz bei den Eierſchalen der Mollusken auch ein keratinöſer Stoff Verwendung finden mußte.

Die durch Extraction mit Waſſer, Alkohol, Aether gereinigten und mit einer kalten, verdünnten Mineralſäure behandelten Keratine

werden weder von Pepſinſalzſäure, noch von Trypſinflüſſigkeiten irgendwie angegriffen. Nur die meiſten derſelben zeichnen ſich durch einen verhältnißmäßig hohen Schwefelgehalt aus, der aber auch von anderen organiſchen Beſtandtheilen des Thierkörpers erreicht (die Chondroïtſäure enthält z. B. 4,45—5,74%) und von dem Taurin, welches in dem Fleiſchſafte der Cephalopoden ſo maſſenhaft enthalten iſt, mit einem Schwefelgehalte von 25,6% noch weitaus übertroffen wird. Ueberdies iſt der Schwefel in den Hornſubſtanzen ganz oder theilweiſe ſehr locker gebunden; Haare z. B. ſchwärzen ſich ſchon bei Berührung mit metalliſchem Blei durch Bildung von Schwefelblei, und Wolle kann nach den Angaben von *Chevreul* durch anhaltendes Kochen mit Waſſer faſt ganz entſchwefelt werden, ohne ihre ſonſtigen Eigenſchaften einzubüßen; doch iſt, wie geſagt, ein ausnehmend hoher Schwefelgehalt nicht durchgehends bei den Hornſtoffen vorhanden, die Eierſchalen von Scyllium catulus enthalten ſogar weit weniger Schwefel als zahlreiche veritabele Eiweißſubſtanzen.

Mit Waſſer im *Papin*'ſchen Topfe bei mehreren Atmoſphären Druck überhitzt, werden die Keratine zu einer nicht gelatinirenden Flüſſigkeit gelöſt, welche im Gegenſatze zu allen bekannten Eiweißkörpern mit Eſſigſäure und Ferrocyankalium in überſchüſſiger Säure lösliche Niederſchläge giebt; bei Natroneinwirkung ſpalten ſie ſich unter Schwefelabſcheidung in Alkalialbuminat und Pepton und liefern, mit Barythydrat auf 150°—200° C. erhitzt, im Ganzen dieſelben Producte wie die Eiweißkörper unter den nämlichen Bedingungen. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure geben alle Keratine Leucin und erhebliche Mengen, bis 5% Tyroſin; beim Kochen mit concentrirter Salzſäure und Zinnchlorür entſteht Glutaminſäure, Aſparaginſäure, Leucin, Tyroſin, Ammoniak und Schwefelwaſſerſtoff.

Die Elaſtine. Wie die Collagene durch ihre Löslichkeit in ſiedendem Waſſer und das Gelatinirungsvermögen der wäſſrigen Abſude, die Keratine

durch ihre Unverdaubarkeit für die eiweißverdauenden Enzyme, durch ihre Zerſetzungsproducte und ihren gewöhnlich hohen Schwefelgehalt ausgezeichnet ſind, ſo werden die Elaſtine charakteriſirt und vor allem von den Eiweißkörpern dadurch ſcharf unterſchieden, daß ſie ſchwefelfrei ſind, beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure ſehr viel Leucin (36—45%), wahrſcheinlich aber gar kein Tyroſin liefern und von den beiden Arten der proteolytiſchen Enzyme unter Bildung von Hemialbumoſen (ſog. Hemielaſtin) wie Peptonen (ſog. Elaſtinpepton) zwar verdaut, aber immerhin nur langſam angegriffen werden.

Die Elaſtine[39]) aehneln darin den Collagenen, daß ſie der Einwirkung von Reagentien wie von Enzymen bald mehr, bald weniger gut widerſtehen, und gleichen genetiſch darin den Keratinen, daß ſie ſowohl durch eine chemiſche Umwandlung aus Zellen direct hervorgehen, als auch in Secretform abgeſchieden werden können. Von letzterem Modus, der zu einem chemiſch ganz gleich zuſammengeſetzten Producte wie die reine Zellenmetamorphoſe führen kann, erſcheinen die Elaſtine als ſchalenbildend um den Eiern der Schlangen, z. B. bei der Ringelnatter; bei den Säugethieren dagegen weit verbreitet in einer Form, die Zellenausläufern zu entſprechen ſcheint. Auch bei Fiſchen findet ſich Elaſtin vor; es beſtehen daraus z. B. die ſog. Hornfäden in den Floſſen der Selachier, und nach dem Verhalten zu Kalilauge, zu den proteolytiſchen Enzymen und nach dem Ausfall der Eiweißreactionen kann es auch kaum einem Zweifel unterliegen, daß die organiſche Grundlage der von mir unterſuchten Pennatulidenachſen, ſo bei Fusculina und Halisceptrum Guſtavianum, ebenfalls elaſtiſche Subſtanz iſt.[40])

Elaſtin, welches von Fett, Eiweiß, von den Salzen und den collagenen Verunreinigungen auf chemiſchem Wege zuvor befreit iſt, ſtellt getrocknet eine ſpröde, ſehr harte, kaum gelbliche Maſſe dar, die im Waſſer quillt, unter dem Mikroſkope noch die Form des friſchen elaſtiſchen Gewebes erkennen läßt und den einzelnen

Unterſuchern folgende Procentzahlen als Mittelwerthe in der Zuſammenſetzung ergab:

	Nackenband vom Ochſen:			Eiſchale von Coluber natrix (Hilger)	Hornfäden von Mustelus (Krukenberg)
	(Tilanus)	(W. Müller)	(Horbaczewski)		
C	55.28	55.46	54.04	54.68	49.83
H	7.33	7.41	6.95	7.24	6.11
N	17.63	16.24	16.67	16.37	15.97
O	19.76	20.89	22.34	21.10	28.09

Die reinen Elaſtine zeigen die *Millon*'ſche wie Xanthoproteïnreaction, nehmen aber erſt beim Abdampfen, nicht ſchon bei mehrmaligem kurzen Aufkochen mit concentrirter Salzſäure eine Violettfärbung an und löſen ſich nur in concentrirter kalter Schwefelſäure, in ganz concentrirter Salpeterſäure, ſowie in kochender concentrirter Kalilauge. Aber gerade letzterm Reagens gegenüber beſtehen ebenſo wie hinſichtlich des Verhaltens der Elaſtine zu den eiweißverdauenden Enzymen, von welchen Pepſin gewöhnlich beſſer auf dieſelben wirkt als Trypſin, nennenswerthe, hauptſächlich wohl auf Altersdifferenzen hinauslaufende Verſchiedenheiten, indem ſchon manches Elaſtin beobachtet wurde, welches auch kalte, concentrirte Kalilauge in kurzer Zeit angriff, und anderſeits das Schalenelaſtin, welches den Eidotter bei den Reptilien umhüllt, gegen Enzyme noch reſiſtenter ſich erwies als das Elaſtin des Nackenbandes der Wiederkäuer.

IV. Veritabele Eiweißkörper als Gerüſtſubſtanzen.

Aechte Eiweißſtoffe als Gerüſtſubſtanzen.

Das Wunderbarſte, was in dem mechaniſchen Aufbau und der Textur der Gerüſtſubſtanzen ein lebender Organismus geleiſtet hat, ſind jene, hiſtiologiſch wie chemiſch ſo lange unerklärt gebliebenen Gebilde, welche bald von gallertiger, bald von knorpliger Beſchaffen-

heit im Grunde nichts anderes vorſtellen als ein mit äußerſt waſſerreichen Flüſſigkeiten gefülltes und von Eiweiß- oder Keratinmembranen gebildetes, ſo außerordentlich feines Maſchenwerk, daß dasſelbe nicht nur den Hiſtiologen unter Zuhülfenahme der ſtärkſten Vergrößerungen entging, ſondern daß es ſogar erſt gewiſſer Kunſtgriffe bedurfte, um durch chemiſche Reactionen ſeine Exiſtenz und eiweißartige Natur endgültig feſtzuſtellen.

Bildungen ſo merkwürdiger Art treten uns ſowohl in dem von *Hans Virchow*[41]) hiſtiologiſch genau unterſuchten Glaskörper im Auge der Wirbelthiere entgegen, als auch in den Nahrungsdottern der Vogel- und Selachiereier, ganz beſonders aber in der Gallerte der Meduſen[42]). Letztere enthält z. B. bei Rhizostoma Cuvieri aus der Adria nicht mehr als 4,608% feſte Beſtandtheile, von denen noch 3,0 anorganiſche ſind, und Formen weniger ſalzreicher Meere (z. B. der Oſtſee) ſcheinen nach den Angaben von *Moebius* noch weit waſſerreicher zu ſein. Ein leicht verdaulicher, dem Fibrin wohl nicht unähnlicher Eiweißkörper, bald zu derberen Faſern verdickt und gegen Löſungsmittel reſiſtenter geworden, bald zu zarten Häuten gedehnt, hält hier bei den Meduſen die coloſſale Waſſermaſſe zuſammen, welcher das Thier ſeine pralle Beſchaffenheit und ein Körpergewicht verdankt, das zu ſeinem Gehalte an organiſcher Materie in gar keinem Verhältniſſe ſteht. Keratinöſe wie collagene Subſtanzen fehlen bei den Meduſen ganz, und Hyalogene ſind darin höchſtens in minimaler Menge vertreten[43]): Thatſachen, die um ſo mehr hervorgehoben zu werden verdienen, als in neueſter Zeit wiederholt die Anſicht ausgeſprochen wurde, daß, gehe man die Zuſammenſetzung der Gewebe vergleichend von den nieder organiſirten zu den höher entwickelten Thieren fortſchreitend durch, man zuerſt das Auftreten von ſog. mucingebenden Geweben finde, dann bald von ſog. chondringebenden und endlich auch das Auftreten von glutingebenden Geweben, und daß ganz dieſelbe Reihenfolge reſultire, wenn man die Stadien der Entwick

lung eines Embryo, z. B. des Hühnchens im Ei verfolgt. Ganz abgeſehen davon, daß dieſe von *Hoppe-Seyler*[44]) entwickelte Idee mit zwei Körpern, dem ſog. Mucin und dem ſog. Chondrogen, operirt, welche nicht einmal als phyſiologiſche, geſchweige als chemiſche Individuen, ſondern nur als Gemiſche in der Natur exiſtiren, ſo kann ich nach meiner Erfahrung, welche Repräſentanten ziemlich aller Thierklaſſen umfaßt, nur ſagen, daß alle Thatſachen mehr und mehr darauf hinweiſen, daß dieſer chemiſche Parallelismus zwiſchen ontogenetiſcher und phylogenetiſcher Entwicklung ein ſcheinbarer iſt, daß die Gerüſtſubſtanzen wie mehrere andere Stoffe in ihrer Verbreitung eine den Typen und Klaſſen gemäße Sonderung aufweiſen.

Analoge Verhältniſſe wie bei den Meduſen dürften nach den Unterſuchungen von *Stenberg*[45]) beim Chordagewebe der Petromyzonten vorliegen; denn auch an dieſem fiel die Prüfung auf ſog. Mucin und Collagen negativ aus. Was für ein chemiſcher Stoff dem Glaskörpergewebe der Wirbelthiere zu Grunde liegt, iſt noch nicht ſicher ermittelt. Die Gallertmaſſen um den Eiern der Selachier[46]) verdanken ihre Conſiſtenz einer keratinöſen Materie, die aber erſt allmählich ihre Reſiſtenzfähigkeit gegen Enzyme erlangt und in einem frühen Stadium genau ſo, wie es von *Kühne*[47]) für die das Weiße im Hühnereie durchſetzenden Membranen angegeben iſt, aus einem, dem Fibrin vergleichbaren Eiweißſtoffe beſteht.

Abgeſehen von den Meduſen bilden, ſoviel bis jetzt feſtgeſtellt wurde, ausſchließlich aechte Eiweißſtoffe[48]) die Gerüſtſubſtanzen nur noch bei den Aſteriden[49]), welchen das organiſche Subſtrat des Echinidenpanzers verwandt zu ſein ſcheint. Dieſe albuminöſen Gerüſtſubſtanzen gleichen in ihrem Verhalten den proteolytiſchen Enzymen gegenüber ſowie in ihren anderen chemiſchen Eigenſchaften den Eiweißſtoffen im Gallertgewebe der Meduſen. Bei den Aſteriden wie Echiniden begegnen wir aber der im Thier-

reiche immerhin ſeltenen Erſcheinung, daß aechte Albuminſtoffe im großartigſten Maßſtabe verkalken, und es erfordern dieſe Verhältniſſe eine allgemeine Betrachtung des Zuſtandekommens von Hartgebilden durch Incruſtation oder, was dasſelbe beſagt, der Imprägnation von Geweben mit Metallſalzen.

Die Petrificationen.

Die Paradoxie, welche darin liegt, daß man ſich einerſeits mit dem Gedanken vertraut gemacht, die einheitlichen, organiſchen Stoffwechſelproducte müßten ohne Anwendung zerſtörender Mittel wenigſtens in einem aſchenfreien Zuſtande zu erhalten ſein, und anderſeits der Anſicht huldigt, daß die normal erfolgende Petrification der Gewebe in erſter Inſtanz von der chemiſchen Beſchaffenheit des ſich incruſtirenden, organiſchen Subſtrates abhänge, läßt ſich, wie ich glaube, nicht verkennen. Doch wird kaum zu leugnen ſein, daß man bei Einhaltung des erſteren Principes glücklicher in den Reſultaten geweſen ist als bei Vertretung des letzteren.

Es gelang, die meiſten Gerüſtſubſtanzen ohne tiefgehendere Eingriffe nahezu rein zu gewinnen; ſo fand *Horbaczewski* in ſeinem Elaſtin nur noch 0,51% anorganiſche Beſtandtheile, das Chitin iſt leicht vollſtändig aſchenfrei zu erhalten, und das Conchiolin wie Cornein hinterlaſſen nach dem von mir eingeſchlagenen Reinigungsverfahren ſtets einen unverbrennlichen Rückſtand von nur 0,35%. Die einzige Klaſſe unter den thieriſchen Gerüſtſubſtanzen, deren Glieder nicht in annähernd gleicher Weiſe von den anorganiſchen Stoffen zu befreien waren, blieben die Hyalogene mit ihren nächſten Abkömmlingen, den Hyalinen. Deren Entſtehung verlangt allemal, das läßt ſich den Befunden entnehmen, die gleichzeitige Anweſenheit einer gewiſſen Menge von Mineralbeſtandtheilen, welche von ihnen chemiſch gebunden werden können; falls es an anorganiſchen Materien fehlt, bleibt die Bildung der Hyalogene aus oder ſie zerfallen ſogleich weiter in Kohlehydrate, geben auch wohl reſiſtente Spaltungsproducte von Eiweißnatur. In ähnlichem Sinne äußerte

ſich bereits *Schmiedeberg*[50]) über die Bildung der Wohnröhren von Onuphis tubicola. «Die Onuphisröhren beſtehen», ſo ſagt er, «bis auf geringe Beimengungen von albuminoïder Subſtanz ſowie von Kali und Natron aus einer gut charakteriſirten, organiſche und anorganiſche Beſtandtheile enthaltenden chemiſchen Verbindung, ein Fall, wie er bisher an keinem analogen thieriſchen Gebilde nachgewieſen iſt.» «Am Wahrſcheinlichſten erſcheint die Annahme, daß das Onuphin in Form einer Alkali-, vielleicht Kaliumphosphatverbindung, wie ſie künſtlich erhalten wurde, als eine das ganze Thier umhüllende Schicht abgeſondert wird, die ſich durch Subſtitution von Kalium durch Calcium und Magneſium in die völlig unlösliche, feſte und widerſtandsfähige Verbindung umwandelt, deren chemiſche Zuſammenſetzung (unter Anm. 50) mitgetheilt iſt. In Folge der durch dieſen Vorgang bewirkten Conſolidirung verdünnt ſich die Wandung dieſer ſo gebildeten, zunächſt aus einer äußerſt dünnen Lamelle beſtehenden Röhre, während ihr Lumen weiter wird, ſodaß die Wandung ſich von der Oberhaut des Thieres abhebt und dadurch zunächſt für die Ablagerung einer neuen Schicht der Onuphinverbindung und ſchließlich für die freie Bewegung des Thieres Platz geſchaffen wird.»

Zwar vermag ich[51]) mich nach meinen Erfahrungen an den Hüllen von Spirographis Spallanzanii der von *Schmiedeberg* vertretenen Anſicht nicht in allen Punkten anzuſchließen und zwar ſchon deshalb nicht, weil ich mich von der Exiſtenz eines derartigen Hyalins, wie es *Schmiedeberg* im Onuphin annimmt, in den Spirographisröhren nicht habe überzeugen können, ſondern vielmehr nachwies, daß ein ſolches aus einem in den Röhren präformirt enthaltenen Hyalogene erſt bei der Verarbeitung entſteht; aber hier kommt es uns lediglich darauf an, die Thatſache zu konſtatiren, daß mit dem Entſtehen eines Hyalogens ſtets die Bindung eines bedeutenden Procentſatzes an anorganiſcher Materie unbedingt verknüpft iſt, und in dieſer Beziehung ſind *Schmiedeberg*'s Angaben

für uns von nicht geringerem Belang als diejenigen von *Lücke*[52]), denen gemäß junge Echinococcusblaſen einen Gehalt von 15,80% Aſche, alte dagegen einen ſolchen von nur 0,29% hinterlaſſen. Vorausgeſetzt, daß *Lücke* nicht, wie es mir faſt vorkommt, alte Blaſen für junge und junge für alte gehalten hat, würde aus dieſen Beobachtungen zu ſchließen ſein, daß die hyaline Beſchaffenheit der Blaſen ſich mit der Zeit ändert, indem vielleicht ſchließlich ein reines Kohlehydrat reſultirt, welches keine Verwandtſchaft zu den anorganiſchen Stoffen mehr beſitzt.

In entſprechender Weiſe, wie von den Hyalogenen und Hyalinen ſtändig bedeutende Mengen anorganiſcher Stoffe chemiſch und zwar ſehr feſt gebunden werden, hat man ſich auch die Incruſtirung mehrerer anderen Gerüſtſubſtanzen vorgeſtellt. Seitdem durch die Unterſuchungen der letzten Jahre entſchieden iſt, daß die ſog. Mucine als Gemengtheile meiſt Stoffe aus der Klaſſe der Hyalogene einſchließen, häufig aus ſolchen vornehmlich beſtehen, und ſich die von *Kühne*[53]) bereits 1868 ausgeſprochene Anſicht, daß ſich die Skeletine augenſcheinlich den Kohlehydraten anſchließen, immer mehr zu Bewahrheiten ſcheint, muß ein verhältnißmäßig hoher Gehalt an Mineralbeſtandtheilen jener ſog. mucinöſen Secrete als ein ebenſo unbedingtes Erforderniß gelten wie für die Secrete, aus welchen die Wohnröhren der Spirographis und der Onuphis hervorgehen; auch kann es, ſo glaube ich, nicht mehr befremden, wenn man den organiſchen Secretbeſtandtheilen, welche ſpäter zu Conchiolin, Cornein oder Spongin erhärten, die Eigenſchaft vindiciren wollte, ſich in dem Stadium, wo ſie die Zelle als Secret verlaſſen, mit einer beſtimmten Menge anorganiſcher Stoffe zu verbinden und dieſe wiederum frei werden zu laſſen, wenn ſie in die reſiſtenten Endproducte übergegangen ſind. Derſelbe Stoff, welcher in einem frühern Stadium die Mineralbeſtandtheile durch chemiſche Verwandtſchaft an ſich kettete, würde dann als eine für Waſſer und Salzlöſungen ſchwer durchdringbare und zugleich

als eine mechaniſch ſehr widerſtandsfähige Membran die anorganiſchen Materien auch fernerhin zuſammenhalten. Lange bevor man von den Eigenſchaften der Hyalogene eine Anſchauung beſaß, iſt die hier entwickelte Idee ſowohl für die «Verirdung» der Molluskenſchalen wie auch für die Petrification von pathologiſchen Secretmaſſen entwickelt, doch heute wohl allgemein wieder verlaſſen worden.

So vertrat z. B. *H. Meckel*[54]) dieſe Anſicht in der Pathologie, indem er meinte, daß die zur Steinbildung führende Krankheit der Harn- und Gallenwege ſog. colloïdes Material erzeuge, welches, weil es zähe und ſchwer beweglich iſt, retinirt würde und mit dem ſchwer löslichen Körper, namentlich mit dem Kalk der Gewebsflüſſigkeit, chemiſche Verbindungen einginge. Die Fremdkörper ſollten in den Secretionswegen in der Regel erſt eine Entzündung, einen Katarrh hervorrufen, welcher dann das Material zu ihrer Incruſtation liefere, und die ſeltenen Fälle von Speichel- und Blaſenſteinen bedingen. Dieſe Theorie würde als Conſequenz die Annahme zur Folge haben, daß bei der Verſteinerung der Gewebe die chemiſche Beſchaffenheit der letzteren die Hauptſache ausmache, und alſo eine beſtimmte Art von Collagen, Muskelſubſtanz, Kryſtallinſe oder von Fibrin erforderlich ſein würde, um die Kalkſalze zu fixiren; nicht jede veränderte, abgeſtorbene Muskelfaſer, nicht jeder nekrotiſche Herd, auch bei langem Beſtehen, würde ſomit geeignet ſein, ſich zu einem Steinlager umzubilden.

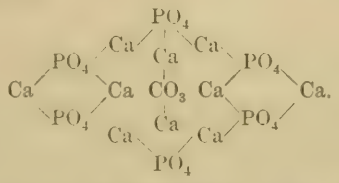
Der meiſten Anhänger hat ſich die chemiſche Theorie der Incruſtationen, wie ich mich kurz ausdrücken will, ſeit lange bei dem Offificationsvorgange zu erfreuen gehabt. Bei der eingeſchloſſenen Lage der Knochenkörperchen, ihrer Feinheit und ungleichen Vertheilung, bei dem verſteckten Verlaufe von tiefer in den Knochen eindringenden Gefäßen, Nerven und Faſern des Perioſts — alles Verhältniſſe, welche ſowohl die Entwäſſerung des Collagens nur unvollkommen ausführen und kein gleichartiges Unterſuchungsmaterial beſchaffen laſſen, — überraſcht die Uebereinſ-

ſtimmung in den Analyſen der Knochen — gleichgültig ob dieſelben einem oder verſchiedenen Thieren entſtammen, ob dieſelben gleichen oder verſchiedenen Alters ſind[55]) — nicht wenig und reden der Annahme von einer zwiſchen dem Collagen und der Knochenerde beſtehenden chemiſchen Verbindung gewiß ebenſo ſehr das Wort als die Thatſachen, daß bei der Reſorption der Knochenſubſtanz durch die Myeloplaxen die Kalkmaſſe ſtets gleichzeitig mit dem Collagen aufgelöſt wird, daß das phyſiologiſche Verhältniß zwiſchen organiſchen und anorganiſchen Beſtandtheilen auch in den erhaltenen, normalen Knochenreſten rhachitiſcher Knochen bewahrt bleibt, und daß eine ſo gleichmäßige Durchdringung des organiſchen Subſtrates von den Mineralbeſtandtheilen als gerade beim Kochen wohl ſonſt nur ſelten beobachtet wird. Auch die Erfahrung, daß bei einer Zunahme der, in den Gewebsſäften normal gelöſten oder der, mit dem Gewebseiweiß in chemiſcher Verbindung befindlichen anorganiſchen Stoffe die Zuſammenſetzung der Knochenerde und ihr Verhältniß zum Collagen unverändert bleibt, hat man als Beweis für ein, im Kochen vorhandenes, beſtimmtes, gegenſeitiges Mengenverhältniß zu verwerthen verſucht und ebenſo überzeugte man ſich, daß die regelrechte Ausbildung der Knochen nur bei äußerſter Kalkarmuth der Gewebsſäfte unterbleibt, ſei dieſe nun durch eine ungenügende Reſorption vom Darme aus (z. B. durch eine übermäßige Aufnahme von kalireicher Nahrung[56])) bedingt oder durch eine kalkarme Koſt, deren Gehalt an Erdſalzen vielleicht in dieſem Falle nur deshalb nicht ausreicht, weil zur Zeit ausnehmend viel davon im Organismus anderweitig verbraucht wird (ſo z. B. für die Entwicklung des Skelets der Frucht während der Schwangerſchaft, oder für die Milch während der Lactation); aber weder bei Verabreichung kalkarmer Nahrung gelang es bei unſeren Hausthieren, noch in einer, von *Heiß*[57]) faſt ein Jahr lang fortgeſetzten Experimentalunterſuchung, während der ein kleiner Hund täglich im Mittel 7,4 gr, im Ganzen 2286 gr, d. h. beinahe die

Hälfte ſeines Körpergewichtes Milchſäure erhielt, dem einmal fertig geſtellten Knochen ſeine Erdſalze wieder zu entziehen. Schließlich ergab ſich eine mit dem Knochen übereinſtimmende Zuſammenſetzung auch für die an ſich reinere Zahnmaſſe, und *Hoppe-Seyler*[58]) fragt, auf dieſe Thatſache verweiſend, wohl nicht mit Unrecht, ob dieſe Coïncidenz nicht darauf hindeute, daß der eigentlichen, ſecundären Ablagerung, die in Zahnbein und Knochen die Zellen umgiebt, eine ganz beſtimmte Quantität von Collagen, und zwar ungefähr 25% zu Grunde liege.

Wiederholt ſind nun von dieſen Geſichtspunkten aus Formeln für die Knochenerde[59]) aufgeſtellt, welche man ſich als ein chemiſch mehr oder weniger ſcharf definirbares Calciumphosphat meiſt mit dem Collagen verbunden dachte. So hatte *Berzelius* der Knochenerde die Formel $3PO_5 + 8CaO$ zuerkannt, welche, in unſere jetzige Lehre umgeſetzt, beſagen würde, daß die Knochen neben dem neutralen geſättigten Calciumphosphate, $(PO_4)_2Ca_3$, noch die Verbindung: PO_4CaH enthalten. *Heintz* wies dagegen nach, daß das im Knochen vorhandene Calcium zur alleinigen Bildung von $(PO_4)_2Ca_3$ neben CO_3Ca und Fl_2Ca vollkommen ausreiche. Später haben indeß *v. Recklinghauſen* und *Wildt* wieder das Vorhandenſein von PO_4CaH im Knochen angenommen, während *Hoppe-Seyler*, der zwar die Knochenerde mit dem Collagen nicht chemiſch verbunden ſein läßt, ſich nach ſeinen Unterſuchungen dahin ausſpricht, «daß in dem Schmelze der Zähne und in den Knochen Phosphorſäure und Calcium trotz mancher Schwankungen, die die Analyſen ergeben, ſich annähernd in den Verhältniſſen des Apatit befinden, nämlich $10Ca : 6PO_4$, ein Verhältniß, welches den weſentlichſten und wichtigſten Vorkommen der Phosphate in den Geſteinen entſpricht. Die Phosphorſäure iſt nicht im Stande, ſo viel Calcium zu ſättigen, der übrige Theil des Metalles findet in Knochen und Zähnen ſeine Sättigung hauptſächlich durch Kohlenſäure, nur Spuren davon werden durch Chlor und Fluor geſättigt». *Hoppe-*

Segler überzeugte ſich zugleich, daß dieſes Verhältniß im Zahne wie im Schmelze eingehalten wird, und verſinnlicht uns, indem er von den Spuren an Chlor und Fluor in der Knochenerde abſieht, die Verbindung: $3([PO_4]_2Ca_3)\cdot CaCO_3$ durch folgende moleculare Anordnung der Atome:



Ganz anderer Anſicht iſt ſchließlich noch *Aeby*, welcher hauptſächliches Gewicht auf das Verhalten der Knochengebilde beim Erhitzen und auf die Beſchaffenheit von foſſilen Knochen legt. Nach *Aeby* iſt der, eine vom Knochen durchaus verſchiedene Metamorphoſe durchmachende Zahnſchmelz neutrales Orthophosphat, und er erkennt dem Elfenbeine, von welchem ſich das Knochenphosphat nur durch den Mangel an baſiſchem Waſſer ($2H_2O$) unterſcheiden ſoll, folgende Formel zu:

$$6P_2O_8Ca_3\cdot 2H_2O\cdot 2CaO\cdot CO_2 + 3aq.$$

Auf einem von den genannten Unterſuchungsmethoden ſehr abweichenden Wege iſt man ebenfalls beſtrebt geweſen, den Nachweis zu führen, daß die Knochenerde mit dem Collagen wirklich chemiſch verbunden ſei. Man bereitete ſich Glutin- und Calciumphosphat enthaltende Löſungen, miſchte beide und erhielt dann Niederſchläge, welche ſowohl Glutin als auch Calciumſalze einſchloſſen. Ich brauche indeß wohl kaum zu bemerken, daß derartige Verſuche nur zeigen, wie fein vertheilte Niederſchläge, ſonſt in Löſung verbleibende Subſtanzen mit ausfällen, und daß dieſelben zur Entſcheidung der Frage, um deren Willen ſie angeſtellt wurden, ſchon deshalb nichts beitragen können, weil der Knochen kein Glutin, ſondern Collagen, alſo einen ganz andersartigen Körper enthält, wenngleich *Hoppe-Segler* beide Bezeichnungen in ſeinen Auseinanderſetzungen immerfort promiscue gebraucht.

Nun giebt es jedoch eine allerdings nur kleine Zahl von Ueberlegungen und Thatſachen, welche, wie ich glaube, weit ſchlagender gegen eine chemiſche Verbindung der Knochenerde mit dem Collagen ſprechen als alle vorgebrachten Argumente für dieſelbe. Ich will nicht auf den ſog. permanenten Knorpel[60]) hinweiſen, deſſen Gehalt an Kalkſalzen ſich viele Jahre hindurch auf einem Niveau von 4—7% erhält, denn hier würde einzuwenden ſein, daß die Knorpelgrundſubſtanz nur deshalb nicht in ausgiebigerem Grade petrificire, weil in ihr die meiſten freien Affinitäten des Collagens durch das Hyalogen geſättigt ſind; aber ich frage, warum petrificirt nicht ebenſo wie der Knochen alles hyalogenfreie, collagene Bindegewebe, was doch nothwendig der Fall ſein müßte, wenn die Anziehung und Ablagerung der Kalkſalze eine rein chemiſche Urſache im Collagen beſäße. Andererſeits tritt nun aber auch im Zahnſchmelze, deſſen Subſtrat bekanntlich kein Collagen, ſondern Epithelzelle iſt, wenn auch wohl nicht, wie *Hoppe-Seyler* will, dieſelbe, ſo doch eine chemiſch ſehr annähernd conſtituirte, anorganiſche Verbindung wie im Knochen auf, und es ſteht ſomit außer Zweifel, daß die übereinſtimmende Zuſammenſetzung der Knochenerde ſo verſchiedenartiger Vorkommniſſe lediglich eine vitale Zellenleiſtung iſt, und nicht etwa die petrificirende Subſtanz ſie zuſammenführt. Schließlich wird auch noch geltend zu machen ſein, daß keine Affinitäten bekannt ſind, welche eine chemiſche Verbindung zwiſchen der Calciumphosphatverbindung und dem Collagen begreiflich erſcheinen ließen, und daß Muskel- wie Nervenfaſern, Ganglienzellen, Chitin[61]) wie Corneïngebilde[62]), trotzdem ſie ebenfalls keine chemiſche Verwandtſchaft zu Kalkſalzen beſitzen, ſich unter Umſtänden in ganz ähnlicher Weiſe wie das Knochengewebe mit dieſen beladen können. Die annähernde Beſtändigkeit in der Zuſammenſetzung der Mineralbeſtandtheile liegt hier, wie überall in der lebenden Welt, in der Zellenfunction ſelbſt begründet; nie geſtattet dieſelbe als ſolche den Schluß auf eine Beziehung der

Salze zu den organiſchen Beſtandtheilen der Zellenproducte. So iſt es bei den flüſſig bleibenden Drüſenſäften wie auch bei den bald feſt werdenden Secreten, welchen letzteren die Knochengrundſubſtanz ebenſo wie die verkalkende Chitinmembran zuzurechnen iſt.

Schon, wenn man ſich erinnert, daß ein Hyalogen oder Hyalin unter günſtigſten Verhältniſſen 40% Alkali- und Erdalkalimetallſalze chemiſch zu binden vermag, und die wahrhaft coloſſalen Maſſen anorganiſcher Stoffe dagegen hält, welche das Knochengewebe oder nun gar die Molluskengehäuſe, die Korallenſtöcke erfüllen, die Speichel- und Uratſteine bilden, ferner die ſpecifiſchen Differenzen erwägt, welche in Betreff der Petrification bei nahe verwandten Formen auftreten und wofür uns die Arthropoden wie Gorgoniden, unter Gleichbleiben des organiſchen Subſtrates die eclatanteſten Beiſpiele liefern, ſo muß man die Fragen, warum ſich bei Loligo die Rückenlamelle, bei Inſecten die chitinöſe Decke — welche im erſtern Falle bei Sepia, im letztern bei den Cruſtaceen doch in ausgiebigſtem Maße verkalken — ſo ausnehmend arm an Mineralbeſtandtheilen erweiſen, warum ſich in den Brachiopodenſchalen, gleich denen der Lamellibranchiaten in der erſten Zeit ihrer Entwicklung (*Raspail* und *Prevost*[63])), aber ſo abweichend von den älteren aller ſonſtigen Mollusken[64]), hauptſächlich Calciumphosphat und nicht Calciumcarbonat anhäuft, als ebenſo unzeitgemäße bezeichnen, als wenn gefragt und zu entſcheiden verſucht wird, warum die Magendrüſen Salzſäure und ſtatt ihrer keine Schwefelſäure ſecerniren oder warum die Concremente im *Bojanus*'ſchen Organe von Pinna squammosa ſo reichlich Mangan, aber kein Eiſen und kein Kupfer enthalten[65]), warum bei dem einen Fiſche das Guanin vorwiegend in der Schwimmblaſe und im Peritoneum, bei einem andern dagegen in den Bindegewebszellen der Epidermis lagert.

Derartige ſpecifiſche, vitale Zellenfunctionen wie die eben betrachteten, können, entſprechend den Stoffwechſelvorgängen,

weiterhin noch nach Alter und Geſchlecht ſehr variiren und erſcheinen auch in pathologiſchen Zuſtänden weit mehr verändert als die organiſchen Subſtrate; doch im Allgemeinen bewahren auch ſie ſich eine ziemliche Conſtanz.

Zur eingehenderen vergleichenden Betrachtung dieſer Verhältniſſe wähle ich nur noch zwei Beiſpiele aus, welche mir in mehr als einer Beziehung biologiſch lehrreich und ſoweit unterſucht erſcheinen, daß man einen vollkommenen Einblick in die hier obwaltenden Variationen empfängt; es ſeien das die Verkieſelung der Federn und die Verirdung der Molluskengehäuſe.

Als es am Ende der ſechziger Jahre den Bemühungen von *Friedel, Crafts* und *Ladenburg* gelungen war[66]), organiſche Verbindungen darzuſtellen, in welchen ſämmtlicher Kohlenſtoff oder wenigſtens ein Theil desſelben durch das allein ebenfalls noch vieratomige Silicium erſetzt iſt, und man ſo zu den Syntheſen des Silicochloroforms, des Anhydrids der Siliciumameiſenſäure, der Silicopropion-, Silicobenzoe- und Silicotolylſäure ſowie zu den Syntheſen des Siliciumäthyls, der Siliciumäther und des Silicononylalkohols gelangt war, fand zugleich mit den Ideen, es könne ſehr wohl den Kohlenſtofforganismen ein ſog. Siliciumleben vorausgegangen ſein, und es ſei wohl alle Ausſicht vorhanden, auch den complicirter aufgebauten Kohlenſtoffverbindungen, den Kohlehydraten und Eiweißkörpern, ſich in ihren chemiſchen Eigenſchaften analog verhaltende Siliciumverbindungen künſtlich erzeugen zu lernen, — zu einer Zeit, wo man auch der Vorſtellung huldigte, es möchten ſich, als Ueberbleibſel jener vorausgegangenen Siliciumweſen noch bei mehreren recenten Organismen organiſche Siliciumverbindungen erhalten haben, da fand, ſage ich, auch die Anſicht ihre Vertreter, daß die Kieſelſäure in den Tabaſchiren der Bambuſen, in den Skeleten der Equiſetaceen nicht nur als ſolche abgelagert ſei, ſondern ſich vielmehr hier mit einem organiſchen, mit einem Kohlenſtoffcomplexe in wahrer, chemiſcher Verbindung befände. Dieſe jedenfalls geiſt-

reichen Hypotheſen ſind indeß durch Thatſachen nicht zu ſtützen geweſen, und wir ſehen deshalb in den Kieſelſäureablagerungen pflanzlicher und thieriſcher Vorkommniſſe gewiß mit Recht das nämliche Reſultat eines ſpecifiſchen Ausſcheidungsvermögens lebender Zellen, welches an den, die verſchiedenartigſten, organiſchen Stoffwechſelproducte (ohne irgend welchen chemiſchen Connex) imprägnirenden Kalkverbindungen ſo offen zu Tage tritt.

Quantitative Beſtimmungen des Kieſelerde- und Aſchengehaltes der Vogelfedern wurden in großer Anzahl, mit Berückſichtigung der Ernährungsverhältniſſe und des Alters der Thiere von *v. Gorup-Beſanez* angeſtellt. Hauptſächlich bildet der Federbart, weniger die Spule und das Federmark die Stätte der Ablagerung, und die unter Anmerkung 67 mitgetheilten Analyſen weiſen ſowohl eine beſtimmte Beziehung des Kieſelerdegehaltes zur Nahrung nach, indem die Federn der Körner freſſenden Vögel am meiſten, diejenigen der Fiſche freſſenden am wenigſten Kieſelſäure enthalten, wie auch ein Steigen des Gehalts der Federn an dieſer Säure mit zunehmendem Lebensalter.

Die gäng und gäbe gewordene Anſicht über die Entſtehung der Molluskengehäuſe geht trotz wiederholt erhobener Einwände[68]) gegenwärtig noch dahin, daß dieſelben gleich dem äußern Skelet der Arthropoden zu den membranöſen Zellenabſcheidungen (Cuticularbildungen) gehören, und daß die ihnen in Form von Häuten oder eines Maſchenwerks zu Grunde liegende conchiolinöſe Subſtanz — wie Frühjahrs an unſeren einheimiſchen Helix-Arten und auch an Schneckenembryonen gut zu beobachten iſt — das zuerſt Gebildete iſt, welches erſt nach und nach in verſchiedenem Grade mit Kalkſalzen imprägnirt oder in den Hohlräumen mit den Kalkverbindungen ausgefüllt wird. Wie ſchon *C. Schmidt*[69]) richtig erkannte, der der Epithelzelle des Mantels die Eigenſchaft zuſchrieb, ein Kalkalbuminat abzuſondern, das zur Schale erſtarre, wird die Schalenmaſſe von der geſammten Haut und zwar von den Epithel-

zellen ſelbſt abgeſondert; beſondere Drüſen liefern noch Schleim hinzu, aber *H. Meckel*[70]) befand ſich gewiß im Unrechte, wenn er beſondere Kalk abſondernde Drüſen annahm, wie ſie für die Farben allerdings und ausſchließlich im Mantelrande, der überdies nach *Semper* auch die Epidermis der Schalen bildet, vorkommen.

In früheſter Zeit ſcheint man die Schale[71]) allgemein als etwas von außen zum Thiere Hinzugekommenes, als eine Incruſtation aus dem Waſſer aufgefaßt zu haben, deren Bildung man ſich nicht anders vorzuſtellen habe als die der ſog. Dornenſteine in den Gradirwerken und der in vielen Quellen abgeſetzten Sinter- oder Sprudelſteine. Erſt *Réaumur* unterwarf 1709 die Schale einer genaueren Unterſuchung und conſtatirte, daß dieſelbe ein Secret ſei und ihre Dickenzunahme an der geſammten Mantelfläche, das Weiterwachſen jedoch nur am Mantelrande geſchehe. Entgegen dieſer Anſicht *Réaumur*'s betrachtete 1766 *Hériſſant* die Molluskenſchale als einen knochenartig belebten Körper und vindicirte ihr, wenigſtens bis zu einem gewiſſen Grade, ein inneres Wachsthum, auf welches, ſeiner Meinung nach, ſchon die Auswüchſe und Stacheln an vielen Conchylien hinweiſen ſollten.

Die Auffaſſung, daß ein Theil, wenn auch nur 0,5% des Calciumcarbonates mit dem Conchiolin chemiſch verbunden ſei, finden wir noch von *Biſchoff* in ſeinem Lehrbuche der chemiſchen Geologie vertreten, der darin die Erklärung findet, daß die innere Schicht der Auſterſchalen z. B. 36mal ſoviel kohlenſaures Waſſer zur Auflöſung bedarf als Kreide, 13mal ſoviel wie gepulverter Kalkſpath und 100mal ſo viel als friſch gefälltes Calciumcarbonat. Die Widerſtandsfähigkeit der mit den lebenden Thieren in Verbindung befindlichen Schalen gegen den ſog. Verſteinerungsproceß (welcher im Weſentlichen darin beſteht, daß das Calciumcarbonat in der Schale wirklich kryſtalliſirt oder pſeudomorphotiſch durch andere Mineralſtoffe verdrängt wird), gegen das Zerfreſſenwerden der Wirbel, wie es bei manchen Flußmuſcheln zu beobachten iſt,

und ſchließlich auch gegen ein Spröde- und Hinfälligwerden, welches bei einem Zurückziehen des Thieres aus den hinterſten Schalenwindungen bei Bulimus decollatus, Truncatella, einigen Cyclostoma-, Melania-, Cerithium- und Buccinum-Arten ſo ſchön geſehen wird,[72]) hat ebenfalls mehrere Autoren auf eine zwiſchen dem Conchiolin und den anorganiſchen Schalenbeſtandtheilen beſtehende chemiſche Verbindung recurriren laſſen; doch dieſe Thatſachen laſſen ſich nicht weniger gut und noch weit ungezwungener durch die rein mechaniſch ſchützende Hülle, welche die einzelnen Conchiolinſtraten den Kalkeinlagerungen bieten, oder durch den Halt, den die Spitzen der Gehäuſe durch die in ſie eingeſenkten Theile des lebenden Thieres erfahren, erklären, und es liegt hier zu der Annahme einer wirklich chemiſchen Vereinigung zwiſchen den anorganiſchen und den organiſchen Beſtandtheilen ebenſowenig irgend ein triftiger Grund vor als beim Collagen.

Was den Chemismus der Secretion und des Verkalkungsvorganges der Schalenſubſtanz ſelbſt anbelangt, ſo hatte *C. Schmidt*[73]) die Meinung geäußert, daß die Epithelzellen des Mantels ein eigenthümliches Kalkalbuminat aus der Hämolymphe abſcheiden, und dieſes dann zur Schale erhärte. In der Hämolymphe von Anodonta hatte *Schmidt* Fibrinogen, Kalkalbuminat, Alkalien, Calciumphosphat nachgewieſen und glaubte nun, daß in den Mantelepithelien aus der Hämolymphe freies Albumin und Calciumphosphat abgeſchieden und dem Kreislaufe zurückgegeben, während ein anderer Albuminkalk zur Schale abgeſondert werde.

Dank den Unterſuchungen ſo vieler ausgezeichneter Mineralogen ſind wir weit beſſer als über jene Verhältniſſe über die Menge der anorganiſchen Beſtandtheile, über deren Modification und Ablagerungsweiſe in den Molluskengehäuſen unterrichtet. Wie aus beiſtehenden analytiſchen Belegen erſichtlich ſein wird (in denen zwar die geſammte ermittelte Kohlenſäuremenge auf Calciumcarbonat berechnet und auf die übrigen, in der Schale vorhandenen

Carbonate keine weitere Rückſicht genommen wurde), iſt der Aſchengehalt der Molluskengehäuſe ein ſehr bedeutender, und dementſprechend hoch iſt auch ihr ſpecifiſches Gewicht. Letzteres fand *G. Roſe* bei einer Schale von Strombus gigas = 2,97,

Specifiſches Gewicht der Molluskengehäuſe und Gehalt derſelben an Calciumcarbonat:

Species (unterſucht von *de la Bèche*)	Spec. Gewicht	Species	CO_3Ca in Procenten	Species (unterſucht von *Schloßberger*)	CO_3Ca in Procenten
Helix pomatia	2.82	*Schloßberger*: Venus decussata	93.5	Oliva	93.20
Bulimus decollatus	2.85	*Schloßberger*: Mytilus edulis (junge)	82.1	Cypraea moneta	92.85
Paludina	2.82	*Schloßberger*: Anodonta	89.0	Turbo neritoides	92.48
Janthina com.	2.66	Strombus gigas (*Potyka* bei *G. Roſe*)	99.19	Voluta rustica	92.01
Chiton	2.79	Strombus gigas (*Oesten* bei *G. Roſe*)	98.97	Turritella fuscata	88.70
Bulla, Voluta musica, Cassis testiculus	2.83	Helix pomatia *(Joy)*	98.50	Helix nemoralis	82.62
Haliotis tuberc.	2.70	*Schloßberger*: Cypraea chinensis	95.16		
Strombus gigas	2.77	*Schloßberger*: C. erosa	94.21		
Pyrula Melongena	2.84	*Schloßberger*: Pupa (aus Westindien)	93.48		
Helix citrina	2.87	*Schloßberger*: Bulimus radiatus	93.41		

alſo weit höher als das des Kalkſpaths (2,6—2,8), ja ſelbſt das des Aragonits (2,9) noch um etwas übertreffend. Die conchiolinöſe, organiſirte Grundſubſtanz iſt in der Schale oft nur in ſehr geringer Menge vertreten, in Strombus gigas ſinkt der Procentgehalt an ihr auf 0,8, doch immer bleibt ſie durch die Ent-

kalkungsmethode nachweisbar, und ihr werden ſich jedenfalls die ſo beträchtlichen Kalkablagerungen in ihrer Form anzuſchließen haben. Sehen wir aber ſo die organiſche Materie auf ein Minimum reducirt, noch weit tiefer im Procentſatz ſinken als bei den Steincorallen,[74]) welche man bis zu *Tournefort* und *Peyſſonel* für vegetirende Steine hielt, dann kann es auch kaum mehr Wunder nehmen, wenn die Kalkſalze, ähnlich den Otolithen oder wie in den Kalkſäckchen an den Spinalganglien beim Froſche, ihren eigenen Formgeſetzen folgen und in den ſäulenartigen oder platten Lückenräumen, welche die Conchiolinmembranen auszufüllen geſtatten, als Kryſtallaggregate ſich niederſchlagen.

Bereits 1826 hatte *Heſſel*[75]) Kalkſpathrhomboëder in verſteinerten Crinoideen beobachtet und ſah dieſelben nur als eine weitere Ausbildung der Kryſtalltendenz an, welche ſchon in dem feſten Gerüſte des lebenden Thieres vorhanden ſei. *Bournon* und *Haidinger*[76]) fanden ſpäter in dem zarten Maſchenwerke der Echinidenſtacheln[77]) den Kalkſpath zwar nicht zu einzelnen Kryſtallen individualiſirt, doch ſo gut ausgebildet, daß die einzelnen Seeigelſtacheln Kalkſpathkryſtallen glichen, indem die Hauptachſe der Kryſtalle den Längsachſen des Stachels parallel ging und in dieſer Stellung die rhomboëdriſche, durch ſämmtliche Maſchen des Stachelgewebes gleichmäßig hindurchgehende Spaltbarkeit des Kalkſpathes deutlich wahrzunehmen war. Die Kalkimprägnationen der Molluskenſchalen ſind ſehr ähnlicher Natur als die der Echinidenſtacheln, während im Gegenſatz dazu das Calciumcarbonat in den Panzern der Cruſtaceen völlig amorph verharrt.

An den Lamellibranchiatenſchalen unterſcheidet man 3 Lagen, deren Ausbildung aber bei verſchiedenen Species großen Schwankungen unterliegt. Es ſind dieſes: 1. das Perioſtracum, d. i. die erhärtete und mit dem verkalkten Theile der Schale feſt verwachſene, aber ablösbare Epidermis, welche mit dem Abſatz der äußern Kalkſchicht weiterhin wechſellagert und ſich bis zwiſchen

dieſe und die innere Schicht, bisweilen auch noch in die letztere mit äußerſt zarten Lamellen hinein fortſetzt. Unter dem Perioſtracum liegt 2. die zellige oder prismatiſche Schicht und zu innerſt lagert 3. die aus zahlloſen dünnen Plättchen zuſammengeſetzte, ſehr verſchieden ſtark entwickelte, aber niemals völlig fehlende Perlmutterſchicht. Bei den Gaſtropoden trifft man beide kalkhaltigen Schichten ſeltener (z. B. bei Haliotis, Turbo, Trochus) zuſammen an, ſondern hier iſt gewöhnlich nur die zellige Schicht, welche als die porzellanartige bezeichnet wird, entwickelt.

Nachdem *Home* 1806 auf die ſchönen rhomboëdriſchen Kryſtalle bei Teredo gigantea aufmerkſam gemacht und Graf *Bournon* in ſeinem berühmten Traité von 1808 mitgetheilt hatte, daß er an Bruchflächen von Strombus gigas den rhomboïdalen Blätterdurchgang ſo deutlich wie an einem Stücke Kalkſpath beobachtet und daran auch die Winkel von 101° 32′ und 87° 28′ gemeſſen habe, nachdem ferner *Brewſter* (1814) gefunden, daß Perlmutter, gleich dem Aragonit, zwei Achſen doppelter Strahlenbrechung beſitze, iſt die kryſtalliniſche Textur der Molluskenſchalen mehrfach Gegenſtand eingehender Unterſuchungen geweſen. Die Arbeiten von *L. v. Buch*, *Necker* und *Nöggerath* haben ergeben, daß bei den Lamellibranchiaten nur die eine der beiden Schalenſchichten die Eigenſchaften des Aragonits, die andere aber die des Kalkſpaths beſitzt; ſo fand *Necker*, daß das kryſtalliniſche Gefüge der äußeren Schichten der Schalen von Unio und Anodonta Körperwinkel zeige, welche mit Aragonit, aber nicht mit Kalkſpath verträglich ſind, daß alle unterſuchten Schalen (ca. 30 Arten) und am ſtärkſten die von Pholas und Venerupis, gleich dem Aragonit, isländiſchen Doppelſpath ritzen und meiſt auch etwas ſchwerer als Kalkſpath ſind, aber doch das ſpecifiſche Gewicht des Aragonits (wohl wegen ihrer Beimengungen) nicht erreichen. Eine weitere Beſtätigung fanden dieſe Ergebniſſe durch mehrere geologiſche Funde.[78]) So zeigte ſich z. B., daß in der Kreide von Spondylus oft allein die äußere

von Pinna in den Liasſchiefern öfters nur die innere Schalenſchicht erhalten war, daß in dolomitiſchen und kieſeligen Kalkgebirgen außer den blättrigen Schalen von Oſtrea und einigen Verwandten alle Conchylienreſte bis auf ihre Abdrücke verſchwunden waren, und man fand bei Petunculus im Tertiär die innere von der äußeren Schalenſchicht losgelöſt.

Für die Gaſtropodengehäuſe iſt vorwiegend durch die Unterſuchungen von *G. Rose* und *Leydolt* feſtgeſtellt, daß die Perlmutterſchicht aus Aragonit beſteht, und daß dieſe nach dem Anätzen auf ihren Flächen 6- und 8eckige Felder ſichtbar werden läßt, welche Querſchnitten durch Aragonitprismen von 116°, combinirt mit der Längsfläche, angehören. Auch die Porzellanſchicht läßt aus ihrem ſpecifiſchen Gewichte und ihrer Härte eine Aragonitbeſchaffenheit erſchließen, doch gelang es nicht, an ihr die Structur wie an der Perlmutterſchicht hervorzurufen und es ſcheint demnach hier der Kalk durch die überwiegendere Menge der organiſchen Materien an der Kryſtalliſation weit mehr beeinträchtigt zu ſein als in der Perlmutterſchicht. In der porzellanartigen Maſſe ſind der Dicke nach gewöhnlich drei Kalklagen zu unterſcheiden, welche aus kleinen, in allen Lagen gleich gebildeten, rechtwinklig ſpaltenden Plättchen oder Prismen zuſammengeſetzt, der Bruchfläche ein ſplittriges Ausſehen geben. Die drei Lagen erweiſen ſich oft von ſehr ungleicher Stärke und wie beſonders ſchön bei Strombus gigas zu erkennen iſt, ſind die Plättchen in der mittlern Lage anders geſtellt als in den beiden ſeitlichen.

Iſt nun aber die conſtante Zuſammenſetzung der Knochenerde und der Molluskenſchalen lediglich der Effect electiver Eigenſchaften ſecernirender Zellen, ſo liegt nichts näher als die Vermuthung, daß die phyſiologiſchen Verſteinerungsmaterialien der Gerüſtſubſtanzen eine Vertretung durch iſomorphe und chemiſch analog conſtituirte Salze geſtatten. Dieſe Frage verſuchte ſchon vor vielen Decennien *Wiedemann* zu entſcheiden und ſpäter erfuhr dieſelbe durch *Rouſſin*[79])

eine ausgedehntere experimentelle Behandlung. *Roulfin* fand bei Hühnern ſowohl nach Fütterung mit Witherit und Strontianit den Baryt- reſp. Strontiangehalt der Eierſchalen proportional den gefütterten Mengen ſteigen, als auch nach Einverleibung von Verbindungen mehrerer Schwermetalle (z. B. von Manganit, Manganoxydul, Zinkcarbonat, Eiſencarbonat, von Kobalt, Kupfer wie Bleiſalzen) die entſprechenden Metalle in den Eierſchalen wieder, während er Thonerde und Antimon aus der Nahrung nicht in die Schale übertreten ſah; auch beobachtete *Roulfin*, daß beim Kaninchen Calciumarſenat reichlich in den Knochen wiedererſchien. Doch alle dieſe Beobachtungen geſtatten keineswegs den Schluß, daß in in dieſen Fällen eine wirkliche Vertretung der normalen Organbeſtandtheile durch die künſtlich zugeführten iſomorphen Verbindungen und nicht nur eine, davon ganz unabhängige Retention derſelben (wie in vielen anderen Organen, ſo auch in den Knochen und Eierſchalen) ſtattgefunden hat. Eine Entſcheidung der hier aufgeworfenen Frage iſt demnach noch nicht erfolgt.

Die Verirdung der Molluskengehäuſe und zwar ganz beſonders bei Mitberückſichtigung der natürlichen wie künſtlichen Perlbildung — wo es ja bekanntlich leicht gelingt, zwiſchen Mantel und Schale eingeführte Fremdkörper, ähnlich wie in den Karlsbader Quellen mit Kalkſinter, ſo hier gleichmäßig mit Perlmutterſubſtanz zu überkleiden — führt uns unmittelbar über zu der dritten Art der Petrificationen, welche ſich von den beiden, bisher betrachteten Verſteinerungsweiſen, der auf rein chemiſchem Wege erfolgenden (wie bei den Hyalogenen und Hyalinen) und der, auf einer vitalen Zellenfunction beruhenden, welche ſich am Effectvollſten bei den Nulliporen[80]) geſtaltet und in der Holothurienhaut die zierlichſten und regelmäßigſten Kalkgebilde hervorbringt, ſehr weſentlich unterſcheidet, wenn ſchon man die Unterſchiede ſelten beachtete und die Verhältniſſe, bei denen es ſich lediglich um ein Abſetzen oder Niederſchlagen von ſchwer löslichen Materien auf todten, durch

zackige Vorſprünge und andere Unebenheiten dazu beſonders geeigneten Fremdkörpern handelt, gern zur Erklärung der beiden anderen Verſteinerungsmodi herangezogen hat.

Bei allen derartigen, rein mechaniſch reſultirenden Incruſtationen treffen wir ein Ablagerungsmaterial an, welches ſich in den Gewebsſäften normal gelöſt findet, ſich aber durch ſeine ſchwere oder durch eine, von der Reaction der Fluida ſehr abhängige Löslichkeit auszeichnet. So wiſſen wir, daß, wenn im menſchlichen Urine die Erdphosphate ausfallen, und dieſe in der Blaſe, ja ſchon im Nierenbecken ein Sediment bilden und ſelbſt die Epithelien der offenen Sammelröhren in den Nierenpyramiden incruſtiren, eine Verringerung der Acidität und vollends die Alkalescenz des Harnes dafür eine ausreichende Erklärung bietet. Oft bedarf es aber zum Unlöslichwerden derartiger Stoffe nicht einmal einer Veränderung der Reaction, ſondern ein längeres Stagniren der mit dieſen Körpern überladenen Flüſſigkeit, eine Verzögerung ihrer Fortbewegung in dilatirten Organen, in Divertikeln, Proceſſus und Venenplexus iſt ausreichend eine Sedimentirung zu veranlaſſen und ganz beſonders in ſolchen Fällen, wo durch irgend welche Urſache ſich die ſchwer löslichen Subſtanzen in den Fluidis in ungewöhnlich großer Quantität angehäuft finden. Wie wir bereits erörterten, ſpielt bei den Incruſtationen, welche lediglich eine mechaniſche Urſache haben, auch die Anweſenheit eines Fremdkörpers, zu welchen im Organismus verbliebene abgeſtorbene Maſſen das Hauptcontingent ſtellen, eine große Rolle. Die todte Trichine oder Finne incruſtirt ſich von außen nach innen fortſchreitend mit Erdſalzen, die Extrauterinfrucht bekommt eine förmliche Kalkſchale und wird ſo zum Lithopädion, der Thrombus verwandelt ſich in einen Venenſtein, das Exſudat in ein mörtelartiges Concrement und winzige Schleimflöckchen, Blutgerinnſel, Mikrococcen- wie Bacterienanſammlungen können die Veranlaſſung, ein Punctum crystallisationis werden für die Bildung eines Gallen-, eines Darm- oder Harnſteines,

eines Speichel-, Zahn- oder Mandelſteines. Doch bedarf es augenſcheinlich nicht einmal der Nekroſe, d. h. des völligen Erlöſchens der vitalen Vorgänge, um einen günſtigen Boden für die Ablagerung der Erdſalze zu ſchaffen, ſondern es genügt hierfür vielleicht ſchon eine erheblichere Schwächung und eine hochgradig verringerte Energie derſelben, eine Obſolescenz, wie es *Virchow* genannt hat. Ob nun aber auch auf einer ſolchen z. B. die Kalkincruſtationen der ſenilen Gefäße und die zuweilen ſehr voluminöſen Verkreidungen gefäßarmer Geſchwülſte beruhen, wie eine große Zahl pathologiſcher Anatomen angenommen hat, iſt ſtark zu bezweifeln und die Mitwirkung der Vita minima bei dem Zuſtandekommen dieſer Verkalkungen noch keineswegs ausgeſchloſſen. Hüten wir uns ſtets, die einfachen Sedimentirungen irgend welcher Stoffe in geſättigten Secreten oder Gewebsflüſſigkeiten und die daraus mechaniſch reſultirenden Incruſtationen mit den chemiſchen und durch vitale Proceſſe erfolgenden Petrificationen zu confundiren oder die Letzteren wegen jener für verſtändlicher zu halten.

Die allgemeineren Geſichtspunkte, welche ſich bei Betrachtung der Gerüſtſubſtanzen in der Thierreihe gewinnen ließen, ſind im Vorhergehenden (vergl. u. a. S. 232) hervorgehoben und es würde unfruchtbar bleiben, wollten wir nochmals das ganze Thierreich in Hinblick auf die einzelnen Klaſſen und Ordnungen darauf durchmuſtern. Um ſo mehr glaube ich, von einer derartigen Aufzählung Abſtand nehmen zu dürfen, als man ſich in den letzt vergangenen Decennien nicht ſehr weit von dem Puncte entfernt hat, auf welchem ſich *Schloßberger* und die Bearbeiter von *Bronn*'s Claſſen und Ordnungen des Thierreichs befanden, als ſie eine Darſtellung der thieriſchen Gerüſtſubſtanzen nach dieſem Eintheilungsprincipe durchführten; iſt doch ziemlich Alles, was ich Ihnen mehr als jene Compilatoren zu Ende der fünfziger und zu Beginn der ſechziger Jahre unſeres Jahrhunderts zu bringen vermochte, erſt das Werk der allerletzten Jahre, zum Theil nicht ein-

mal ausführlicher publicirt und noch kaum in weitere Kreiſe gedrungen!

Schließlich würde der erfolgreichen Arbeiten zu gedenken ſein, welche uns eine ſo innige Beziehung zwiſchen der feineren Textur und der Function der einzelnen Stützorgane erſchloſſen haben. Alle Unterſuchungen dieſer Art beſchränken ſich indeß noch immer einerſeits auf den Menſchen und andererſeits auf die Gewächſe, und geſtatten deshalb noch keine vergleichend phyſiologiſche oder allgemein biologiſche Behandlung.

Obſchon dieſes Forſchungsgebiet in der animalen Phyſiologie und Morphologie ſeine Wiege fand, ſo hat es in dieſen Disciplinen leider doch nur verhältnißmäßig ſehr wenige Bearbeiter angezogen, ja ſelbſt nur einen kleinen Kreis von Intereſſenten gefunden! Eine weit zahlreichere Theilnahme wurde den Arbeiten *Schwendener*'s von Seiten der Pflanzenphyſiologen entgegengebracht, und auf dieſem Felde konnte es *Potonié*[81]) auch ſchon unternehmen, ein gedrängtes Bild von den Unterſuchungen über «das Skelet der Pflanzen» zu entwerfen. Wenn aber die einzelnen thieriſchen Gerüſtſubſtanzen dermaleinſt genauer erforſcht ſein werden, und die Einblicke in die gegenſeitigen Verwandtſchaftsverhältniſſe derſelben vollſtändigere geworden ſind als heute, dann werden zweifellos auch die Beziehungen zwiſchen Textur und Function eine allgemeinere wie größere Würdigung finden und auch einer vergleichend phyſiologiſchen Behandlung nicht mehr unzugängig bleiben.

Anmerkungen und Literaturnachweiſe.

[1]) Vgl. *Krukenberg,* Die eigenartigen Methoden der chemiſchen Phyſiologie. Heidelberg. 1885. S. 6—8.

[2]) *P. Ehrlich,* Das Sauerſtoff-Bedürfniß des Organismus. Eine farbenanalytiſche Studie. Berlin. 1885.

[3]) Es iſt ſchon mehrfach die Frage aufgeworfen, warum die gegen chemiſche Agentien ſich ſo reſiſtent verhaltenden Gerüſt- und Deckſubſtanzen der Wirbelloſen (beſonders das Chitin, Corneïn und Spongin) nicht, wie ſich erwarten ließe, als Ueberreſte von ſo vielen vergangenen Generationen, den Meeresgrund in ungeheurer Maſſe erfüllen, warum von ihnen weit weniger zurückbleibt als von den verkalkten Binnenſkeleten der Steinkorallen? — Zwar iſt es richtig, daß das Chitin, Corneïn, Spongin, Conchiolin wie auch das Tunicin von den proteolytiſchen Enzymen durchaus nicht verändert werden, aber dem fermentativen Verdauungsvermögen, welches bei den Mikroorganismen ſo ſehr entwickelt iſt, vermögen jene Subſtanzen ebenſowenig als die Celluloſemembranen der Pflanzen Widerſtand zu bieten; der Zerſetzung durch Fäulnißvorgänge ſind ſie, gleich den eiweißartigen Gewebsbeſtandtheilen, wenn ſchon langſamer unterworfen.

Dieſem Verhalten entſprechend beobachtete *Schloßberger* (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 98. S. 119 und 120), daß Chitin, welches ein Jahr unter Waſſer aufbewahrt wurde, erweichte, unter Entwicklung eines «eigenthümlichen Geruches» in eine ſchleimige Maſſe zerfloß und theilweiſe ſich auch löſte.

[4]) *Fr. Hofmeiſter,* Zeitſchr. f. phyſiolog. Chemie. Bd. II. 1878. S. 288—295.

[5]) *F. Hoppe-Seyler,* Handb. d. phyſiol.- und pathol.-chem. Analyſe. V. Aufl. Berlin. 1883. S. 260.

[6]) Vgl. *Cohnheim,* Vorleſungen über allg. Pathologie. Bd. I. 2. Aufl. Berlin. 1882. S. 652—654; *J. Sachs,* Vorleſungen üb. Pflanzenphyſiologie. Leipzig. 1882. Vorleſ. 19—21. *Hoppe-Seyler,* Phyſiologiſche Chemie. Berlin. 1881. S. 1002—1009.

[7]) *Krukenberg,* Ueber die Hyaline. Würzburg. 1883.

[8]) *Landwehr,* Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. Bd. VIII. 1884. S. 167.

[9]) *Petri,* ibid. S. 291—297.

[10]) *V. Paſchutin*, Centralbl. f. d. medic. Wiſſ. 1884. S. 689—695.

[11]) *Drechſel*, Chemie der Abſonderungen u. Gewebe. *Hermann*'s Handbuch der Phyſiologie. Bd. V. Th. II. Leipzig. 1883. S. 587.

[12]) Literatur über das Tunicin (thieriſche Celluloſe):

C. Schmidt, Zur vgl. Phyſiologie der wirbelloſen Thiere. Braunſchweig. 1845. S. 61—65; *Lowig* u. *Koelliker*, Compt. rend. T. 22. 1846. p. 38 u. Ann. scienc. nat. 3. Sér. T. V. 1846. p. 193—239; *Payen*, Compt. rend. T. 22. p. 581 u. Ann. scienc. nat. T. V. 1846. p. 240—242; *H. Schacht*, *Müller*'s Archiv. 1851. S. 176—200; *Berthelot*, Ann. chim. et phys. 3. Sér. T. 56. 1859. p. 149; *Schäfer*, Ann. Chem. u. Pharmac. Bd. 110. 1871. S. 312—329; *F. E. Schulze*, Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 12. 1863. S. 175—188; *O. Hertwig*, Jenaiſche Zeitſchr. Bd. 7. 1873. S. 46—73; *Franchimont*, Ber. d. d. chem. Geſ. Bd. 12. 1879. S. 1938—1940; *Krukenberg*, Vgl. phyſiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. Heidelberg. 1881. S. 32 Anm. 1.

[13]) Nur von Bugula plumosa ſtanden mir durch gef. Vermittlung der zoologiſchen Station zu Neapel erheblichere Quantitäten zur Verfügung, und dieſe Art eignet ſich ſchon wegen ihres großen Gehaltes an Bugulapurpur ſchlecht zum Studium jener vielleicht ganz eigenthümlichen Gerüſtſubſtanz, welche die Anwendung ſämmtlicher, beim Chitin gebräuchlichen Reinigungsverfahren geſtattet. Der mit verd. Salzſäure, Alkohol und Aether extrahirte, mit Waſſer ſtundenlang ausgekochte und ſchließlich mit Natronlauge mehrere Tage digerirte wergartige Rückſtand der Bugula enthielt 14,3% anorganiſche Beſtandtheile, und es erſchien deshalb wenig lohnend, denſelben einer Elementaranalyſe zu unterwerfen. Beim Eindampfen mit conc. Salzſäure auf dem Waſſerbade bildeten ſich reichlich ſchwarzbraune, amorphe Materien, nur ſehr wenig war von Stoffen entſtanden, die alkaliſche Kupferlöſungen beim Kochen desoxydirten und in Alkohol löslich waren. Die in angegebener Weiſe gereinigte Subſtanz der Ectocyſten färbte ſich weder (zum Unterſchiede von allen Eiweißſtoffen und auch vom Cornein) beim Kochen mit *Millon*'s Reagens, noch mit Kalilauge (zum Unterſchiede von Conchiolin und Cornein) gelb; auch löſte ſich dieſelbe nicht, wie das Chitin, in conc. kalter Salzſäure auf und wurde, im Vergleich mit den übrigen Gerüſtſubſtanzen, ſelbſt von conc. Schwefelſäure nur langſam angegriffen.

[14]) Literatur über das Chitin und Glykoſamin:

Chitin bei Arthropoden: *A. Odier*, Mém. de la soc. d'hist. nat. de Paris. T. I. 1823. p. 29; *Lassaigne*, Compt. rend. T. 16. 1843. p. 1087 u. Journ. de chim. médicale. 2. Sér. T. 9. 1843. p. 379; *Payen*, Compt. rend. T. 17. 1843. p. 227; *Children* und *Daniell*, *Todd*'s Cyclop. of anat. and physiol. T. II. p. 882; *C. Schmidt*, a. a. O., S. 32—69 u. Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 54. 1845. S. 284; *Lehmann*, Journ. f. pract. Chem. 1843. S. 323 u. Lehrb.

d. phyſiol. Chemie. Bd. I. Leipzig. 1853. S. 382; *E. Frémy* Ann. chim. et phys. 3. Sér. T. 43. 1855. p. 93—96; *Schloßberger,* Ann. Chem. u. Pharm. Bd. 98. 1856. S. 115—120; *Péligot,* Compt. rend. T. 47. 1858. p. 1034; *G. Staedeler,* ibid. Bd. 111. 1859. S. 21—28; *Bütſchli* u. *Emmerling, Du Bois-Reymond's* Archiv. 1874. S. 362 ff.; *G. Ledderhoſe,* Ber. d. d. chem. Geſ. Bd. 9. 1876. S. 1200—1201, Zeitſchr. für phyſiol. Chem. Bd. 2. 1878. S. 213—227 u. Bd. 4. 1880. S. 139—159; *E. E. Sundwik,* ibid.; Bd. 5. 1881. S. 384—394; *Krukenberg,* Vergl. phyſiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. 1881. S. 32.

Chitin bei Mollusken: *Hilger,* Journ. f. prakt. Chem. Bd. 102. 1867. S. 418—424; *Schmiedeberg,* Mitth. a. d. zoolog. Station z. Neapel. Bd. 3. 1882. S. 392; *Krukenberg,* Ber. d. d. chem. Geſ. Bd. 18. 1885. S. 989—993; *W. D. Halliburton,* Quart. Journ. of microsc. scienc. Vol. 25. New Ser. 1885. p. 173—181.

Glykoſamin: *Ledderhoſe,* a. a. O.; *Sundwik,* a. a. O.; *F. Tiemann,* Ber. d. d. chem. Geſ., Bd. 17. 1884. S. 241—251; *Krukenberg,* ibid., a. a. O.

[15]) *Cl. Bernard,* Leçons sur les phén. de la vie etc. T. II. Paris. 1879. p. 113.

[16]) *A. Ewald* u. *Kühne,* Ueber einen neuen Beſtandth. des Nervenſyſtems. Sep.-Abdr. a. d. Verh. des naturh.-medic. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. I. Heft 5. 1876. S. 13.

[17]) *Rud. Leuckart,* Arch. f. Naturgeſchichte. 18. Jahrg. 1852. S. 22—28.

[18]) *T. H. Huxley,* Der Krebs. Leipzig. 1881. S. 165 u. 166.

[19]) Literatur über das Spongin:

L. Poſſelt, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 45. 1843. S. 192—198; *J. H. Croockewit,* ibid., Bd. 47. 1843. S. 43—56; *Schloßberger,* ibid., Bd. 108. 1859. S. 64; *Staedeler,* ibid., Bd. 111. 1859. S. 16—21; *Krukenberg,* Vergl. phyſiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. S. 15 Anm. 1.

[20]) Literatur über das Conchiolin:

H. Koſt, Ueber die Structur u. chem. Zuſ. einiger Muſchelſchalen. Dissert. medic. Wirceb. Hildburghauſen. 1853 (bietet nichts als völlig unrichtige Analyſen); *Frémy,* Ann. chim. et phys. 3. Sér. T. 43. 1855. p. 96—97; *Schloßberger,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 98. 1856. S. 99—109 u. Die Chemie der Gewebe. Leipzig u. Heidelberg. 1856. I. S. 243—247; *Krukenberg,* Vgl. phyſiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. 1881. S. 16—24, II. Reihe I. Abth. 1882. S. 58—62 u. Ber. d. d. chem. Geſ. Bd. 18. 1885. S. 989—993. — Viele neuere Reſultate über das Conchiolin habe ich bislang nicht publicirt; eine ausführlichere Arbeit wird aber demnächſt von mir in der «Zeitſchrift für Biologie» erſcheinen.

[21]) Literatur über die Byſſusſubſtanz:

Lavini, Mem. d. r. Accad. d. sc. d. Torino 1835. T. 38. S. 111; *Scharling,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 41. 1841. S. 48; *R. Leuckart,* Archiv f. Naturgeſchichte.

1852. S. 25; *Schloßberger*, Ann. Chem. u. Pharm., Bd. 98. 1856. S. 109—114 u. Chemie der Gewebe. 1856. S. 248—251; *Krukenberg*, Vgl. physiolog. Studien. II. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 59—62.

[23]) Literatur über das Corneïn:

Valenciennes, Compt. rend. T. 41. 1855. p. 11; *Frémy*, Ann. chim. et phys. 3. Sér. T. 43. 1855. p. 97; *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. 1881. S. 2—16 u. Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 17. 1884. S. 1843—1846.

[24]) *G. v. Koch*, Morphol. Jahrb. von *Gegenbaur*. Bd. 4. 1877. S. 269—278 u. Bd. IV. Suppl. 1877. S. 74—86.

[25]) Literatur über das Fibroïn und Sericin:

Mulder, *Poggendorf*'s Ann. Bd. 37. S. 594, Bd. 39. S. 498 u. Bd. 40. S. 289; *Hinterberger* u. *Waltenberger*, Ber. d. Wiener Acad. Bd. 11. 1853. S. 450; *Staedeler*, Ann. Chem. u. Pharm. Bd. 111. 1859. S. 12—28; *A. Vogel jun.*, Chem. Centralbl. 1859. S. 527; *Schloßberger*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 110. 1859. S. 245; *E. Cramer*, Unters. d. Seide u. des thier. Schleims. Zürich 1863; *Bolley*, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 93. S. 347 u. Bd. 108. S. 364.

[26]) *Péligot*, Compt. rend. T. 33. p. 490.

[27]) *Schloßberger*, Chemie der Gewebe. 1856. I. S. 251.

[28]) Literatur über die Hyalogene und Hyaline:

Sog. Hyalin der Echinococcusblasen: *A. Lücke*, Arch. f. path. Anat. Bd. 19. 1860. S. 189—196; *Hoppe-Seyler*, Handb. d. physiol.- u. path.-chem. Analyse. 4. Aufl. Berlin. 1875. S. 198; *Krukenberg*, Ueber die Hyaline. Würzburg. 1883. S. 7. Ann. 3.

Hyalogene in der Holothurienhaut: *C. Semper*, Reisen im Archipel der Philippinen. Theil 1. Bd. 1. Holothurien. Leipzig. 1868. S. 171—175. *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 35—48 und Zeitschr. f. Biologie. Bd. 20. 1884. S. 310.

Hyalogene in den Wohnröhren der Chätopoden: *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. 1881. S. 28—30, II. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 57—58 u. Ueber die Hyaline. Würzburg. 1883; *O. Schmiedeberg*, Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. 3. 1882. S. 373—392.

Achroodextrin aus Helix pomatia: *Landwehr*, Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 4. 1882. S. 74—77.

Chondroïtsäure aus Säugethierknorpel: Vgl. meinen ausführlichen Aufsatz in der Zeitschr. f. Biologie. Bd. 20. 1884. S. 307—326.

Sog. Mucin, Met- u. Paralbumin: *O. Hammarsten*, Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 6. 1882. S. 194—226; *Landwehr*, ibid. S. 371—383, Bd. 8. 1884. S. 114—121 u. S. 122—128.

Hyalinbildung in der Haut der Schlangen: *S. de Luca*, Compt. rend. T. 57. 1863. p. 437—440; *Krukenberg*, Vgl. physiol. Studien. II. Reihe. 2. Abth. 1882. S. 92. Ueber die Hyaline. 1883. S. 18 u. 19.

Nach *Cartier*'s Unterſuchungen (vgl. *Semper*, Die natürl. Exiſtenzbedingungen der Thiere. Leipzig. 1880. Th. I. S. 23 ff.) wird der Häutungsproceß der Schlangen, ganz analog der Häutung bei dem Flußkrebſe nach *M. Braun*'s Angaben, durch eine im Innern der Epidermis ſich bildende Lage von ſehr feinen, ungleichmäßig vertheilten Härchen, welche durch ihre Starrheit und Steilung die alte, abzuwerfende Haut mechaniſch abheben, eingeleitet. Es liegt indeß auf der Hand, daß dieſe ſog. Häutungshaare ſich an der Häutung nur in zweiter Linie, erſt wenn eine Erweichung der Verbindungsſchicht eingetreten iſt, bethätigen können, und daß der Bildung des ſo leicht löslichen Hyalins bei dem Vorgange die Hauptrolle zufällt.

Meine Unterſuchungen des Chondroſins — jenes, in kalter Natronlauge leicht löslichen Rückſtandes, welchen Chondrosia reniformis nach Behandlung mit verd. Salzſäure, Alkohol, Aether und andauernder Pepſineinwirkung hinterläßt, und der die *Millon*'ſche Reaction in ſehr vollkommenem Grade zeigt — ſind in extenso noch nicht publicirt.

[28]) *Drechſel*, a. a. O., S. 587 u. 588.

[29]) *Hoppe-Seyler*, Arch. f. d. geſ. Phyſiologie. Bd. 14. 1877. S. 400; *Ant. Schneider*, Beitr. z. vgl. Anat. u. Entwicklungsgeſchichte der Wirbelthiere. Berlin. 1879. S. 4; *Krukenberg*, Zoolog. Anzeiger. 1881. S. 64—66; *Hoppe-Seyler*, ibid. S. 185—187; *Krukenberg*, ibid. S. 263—264 u. Vgl. phyſiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. 1881. S. 32—36.

[30]) Literatur über die Collagene und Glutine.

Leimgebende Stoffe bei Wirbelloſen: *Pasquier*, *Berzelius*' Lehrbuch der Chemie. Bd. 4. Abth. 1. Dresden. 1831. S. 647; *Valenciennes*, Compt. rend. T. 19. 1844. p. 1146—1147; *Hoppe-Seyler*, Medic.-chem. Unterſuchungen. Heft 4. 1871. S. 586; *Hilger*, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 102. 1867. S. 418 — 424, *Semper*'s Reiſen etc., a. a. O., S. 174—175 u. Arch. f. d. geſ. Phyſiologie. Bd. 3. 1870. S. 166—171; *Schaefer*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 110. 1871. S. 330—333; *Krukenberg*, Vgl. phyſiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. S. 21—28 und II. Reihe. 1. Abth. S. 35—55. Vgl. auch in Betreff des Collagenvorkommens bei Mollusken: *J. Müller*, Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 38. 1836. S. 318; *J. C. Strahl*, *Müller*'s Archiv. 1848. S. 337—352; *Schloßberger*, Chemie der Gewebe. 1856. I. S. 13—14 und *F. Forſter*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877. S. 51—54.

Collagen und Glutin aus den Geweben von Vertebraten: Vgl. die bekannten chemiſchen und chemiſch-phyſiologiſchen Handbücher, z. B. von *Gmelin-Kraut*, *Schloßberger*, *Lehmann*, *Drechſel* in *Hermann*'s Handbuch, *v. Gorup-Beſanez* und von *Hoppe-Seyler*.

[31]) Collagen und Glutin verſchiedener Herkunft ergaben folgende procentiſche Zuſammenſetzung:

	Hautenblaſe (*Scherer*)	Leim daraus (*Mulder*)	Sehnen (*Scherer*) I	Sehnen (*Scherer*) II	Knochenknorpel (*v. Bibra*)	Knochenleim (*Mulder*)	Leim aus foſſilen Knochen (*v. Bibra*)
Kohlenſtoff	50.56	50.76	50.77	49.56	50.13	50.40	50.40
Waſſerſtoff	6.90	6.64	7.15	7.15	7.07	6.64	7.11
Stickſtoff	18.79	18.31	18.32	18.47	18.45	18.34	18.15
Sauerſtoff und Schwefel	23.75	24.29	23.75	24.82	24.35	24.64	24.34

Die von *Frémy* (Ann. de chim. et de phys. 3. Sér. T. 43. 1855. p. 59 u. 60) in den Knochen gewiſſer Waſſervögel und den Gräten einiger Fiſche aufgefundene Subſtanz, welche ſich vom Collagen durch ihre Reſiſtenz gegen kochendes Waſſer und gegen Säuren unterſcheidet, doch nach *Frémy* dem Collagen gleich zuſammengeſetzt erſcheint, dürfte in den Fiſchgräten wohl nichts anderes als Elaſtoïdin ſein, welches ſich ſo ſehr rein in den Hornfäden der Selachier findet.

[32]) *v. Morochowetz*, Verhandl. d. naturh.-medic. Ver. zu Heidelberg. 1877. Bd. 1. Heft 5.

[33]) *Krukenberg*, Sitzungsb. d. Würzburger phyſik.-medic. Geſellſch. 1884 und Zeitſchr. für Biologie. Bd. 20. 1884. S. 307—326.

[34]) *F. Hofmeiſter*, Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. Bd. 2. 1878. S. 299—323.

[35]) Literatur über die Keratine: *Ewald* u. *Kühne*, a. a. O. (Neurokeratin); *Hammarſten* u. *V. Lindwall*, Jahresb. über d. Fortſchr. der Thierchemie. Bd. 11 über das Jahr 1881. S. 38—39 (Schalenhaut des Hühnereies); *Krukenberg*, Vgl. phyſiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. S. 62—70 u. 2. Abth. S. 89—92 (Selachiereierſchalen); eine ausführlichere Unterſuchung der Eierhüllen von Scyllium catulus werde ich demnächſt in den Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel mittheilen. Im Uebrigen vergl. die bekannten chemiſchen u. phyſiolog.-chemiſchen Handbücher, vor allem *Schloßberger*.

[36]) *Drechſel*, a. a. O., S. 601.

[37]) Vgl. den claſſiſchen Abſchnitt über die Hornſtoffe in *Kühne's* Lehrbuch der phyſiolog. Chemie. Leipzig. 1868. S. 424—426.

[38]) Vgl. die Mittheilungen über das Schalenkeratin von Raja quadrimaculata (*S. L. Schenk*, Sitzungsb. d. Wiener Acad. Math.-nat. Cl. Bd. 68. Abth. 1. 1874. S. 365) und von Scyllium catulus, welche ich demnächſt a. a. O. veröffentlichen werde; ferner vgl. mit einander die von *Kühne* (Lehrbuch etc. S. 552), *Hammarſten* (a. a. O.) und mir (Vgl. phyſiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. S. 66—70) gemachten Angaben über das Verhalten des Schalenkeratins der Hühnereier.

[39]) Literatur über die Elaſtine:

Echte Elaſtine (mit einem Kohlenſtoffgehalte über 54%): *Mulder,* Verſ. einer allg. phyſ. Chemie. Bd. 2. S. 592; *W. Müller,* Zeitſchr. f. rat. Medic. 3. Reihe. Bd. 10. Heft 2; *Erlenmeyer* u. *Schöffer,* Journ. f. prakt. Chem. Bd. 80. S. 357; *Horbaczewski,* Zeitſchr. f. phyſiol. Chem. Bd. 6. 1882. S. 330. Die Schalenhaut des Ringelnattereies behandeln: *Th. Eimer,* Tagebl. der 44. Verſ. d. Naturf. u. Aerzte in Roſtock. 1871. S. 55—57 u. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 8. 1872. S. 216—243; *Hilger,* Ber. d. d. chem. Geſ. Bd. 6. 1873. S. 165—166; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. II. Reihe. 2. Abth. 1882. S. 89—92.

Elaſtoïdine (mit einem Kohlenſtoffgehalte unter 50%): Die Literatur über die ſog. Hornfäden der Selachier iſt von *v. la Valette St. George* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 17. 1880. S. 187—193) zuſammengeſtellt; cf. auch *M. v. Davidoff,* Morphol. Jahrb. Bd. 5. 1879. S. 458 Anm. 1. Ueber meine Unterſuchungen der Hornfäden von Mustelus werde ich demnächſt ausführlicher in den Mitth. a. d. zoologiſchen Station zu Neapel berichten.

[40]) Ausführlichere Mittheilungen meiner Unterſuchungen über die Pennatulidenachſen liegen noch nicht vor.

[41]) *H. Virchow,* Beitr. z. vergl. Phyſiologie des Auges. Berlin. 1882.

[42]) Literatur über die Gallerte der Meduſen:

R. Virchow, Arch. f. path. Anat. Bd. 7. 1854. S. 558—562; *M. Schultze, Müller's* Archiv. 1856. S. 311—320; *Krukenberg,* Vergl. phyſiol. Studien. I. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 85 ff., II. Reihe 1. Abth. 1882. S. 23—34 und Zoolog. Anzeiger. 1880. S. 306; *C. Möbius,* ibid. 1880. S. 67 und 1882. S. 586.

[43]) Cf. *Krukenberg,* Vgl. phyſiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. S. 23—34.

[44]) *Hoppe-Seyler,* Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 14. 1877. S. 400 und Phyſiologiſche Chemie. Berlin. 1877. S. 93.

[45]) *S. Stenberg,* Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1881. Anat. Abth. S. 105—108.

[46]) *Krukenberg,* Vergl. phyſiol. Studien. II. Reihe. 1. Abth. S. 69 u. 70.

[47]) *Kühne,* Lehrb. d. phyſiol. Chemie. 1868. S. 552 u. 553.

[48]) Um vollſtändig zu ſein, darf ich nicht unerwähnt laſſen, daß die von *M. Schultze* (Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig. 1863. S. 29—36) in den Pſeudopodien von Actinosphaerium entdeckten ſtarren Achſenfäden, welche die Scheinfüßchen ihrer Länge nach durchſetzend, ſich durch die ganze Rindenſubſtanz erſtrecken und endlich mit einer feinen Spitze zwiſchen den peripheriſchen Vacuolen der Markſubſtanz endigen, nach *Greef* (Sitzungsb. d. niederrh. Geſ. in Bonn. 1871. S. 5) aus organiſcher Subſtanz beſtehen. Nach *K. Brandt* (Sitzungsb. d. Geſ. naturf. Freunde in Berlin. 15. Oct 1878 u. Monatsber. d. k. Ac. d. Wiſſ. in Berlin. 1881. S. 388—404) können junge Stacheln mit einander verſchmelzen, auch in der Grundſubſtanz des Thieres vollkommen aufgelöſt werden und beſtehen in der erſten Zeit, da

ſie ſich in 10—12%iger Kochſalzlöſung auflöſen, aus «reinem Vitellin», dem ſich ſpäter noch eine andere organiſche Materie hinzugeſellt, über die jedoch *Brandt* nichts mittheilt. Dasſelbe Löslichkeitsverhältniß zeigt auch die von *Haeckel* als «Acanthin» bezeichnete organiſche Subſtanz der Acanthometriden- und Spongosphaera-Stacheln, deren Zerſtörung beim Glühen und raſche Auflöſung durch kauſtiſche Alkalien und conc. Mineralſäuren bereits von *Haeckel*, deren langſame Löslichkeit in Ueberosmium- und Eſſigſäure von *Hertwig*'s feſtgeſtellt war. Näheres wurde über das Acanthin von *Brandt* nicht ermittelt, und es bedarf ſomit noch weiterer Unterſuchungen, bevor ſich entſcheiden laſſen wird, ob dasſelbe thatſächlich ein Albuminkörper, ſpeciell ein Globulin reſp. ein Nucleoalbumin iſt.

[49]) Cf. *C. K. Hoffmann*, Niederl. Arch. f. Zool. Bd. 2. 1874—75. S. 2 und *Krukenberg*, Vgl. phyſiol. Studien. I. Reihe. 5. Abth. S. 31.

[50]) *Schmiedeberg*, a. a. O., S. 387 u. 389.

Den Wohnröhren von Onuphis tubicola kommt nach *Schmiedeberg*'s Analyſen folgende Zuſammenſetzung zu:

H_2O	23.04
Onuphin	38.53
Albuminoïd	3.84
P_2O_5	19.78
MgO	8.65
CaO	4.32
K_2O	0.82
Na_2O	0.23
SiO_2 + Verluſt	0.79
	100.00%

[51]) *Krukenberg*, Ueber die Hyaline. Würzburg. 1883.

[52]) *A. Lücke*, Arch. f. path. Anat. Bd. 19. 1860. S. 189—196.

[53]) *Kühne*, Lehrbuch etc. S. 390.

[54]) *H. Meckel*, Mikrogeologie, herausgeg. von *Billroth*. Berlin. 1856.

[55]) Siehe Tabelle auf S. 262.

[56]) Nach einer, in *Salkowski*'s Laboratorium ausgeführten Unterſuchung (*Seemann*, Arch. f. path. Anat. Bd. 77. S. 299) nimmt nämlich das Kaliumphosphat der Nahrung das Chlor des Blutplasma in Beſchlag und der dadurch entſtehende Mangel an Chloriden hat eine mangelhafte Bildung von Salzſäure im Magen zur Folge und macht auf dieſe Weiſe indirect die Löſung und Reſorption der Kalkſalze unmöglich.

[57]) *Heiß*, Zeitſchr. f. Biologie. Bd. 12. 1876. S. 151—169.

[58]) *Hoppe-Seyler*, Phyſiologiſche Chemie. 1877. S. 104.

Procentiſche Zuſammenſetzung des Schmelzes, des Zahnbeines und von Knochen verſchiedenen Alters und verſchiedener Thiere:

	Schmelz				Zahnbein	Knochenerde						
	Rind (*Aeby*)	Schwein (*Hoppe-Seyler*) unausgebildet	Schwein (*Hoppe-Seyler*) ausgebildet	Pferd	Rind (*Aeby*)		Ca	PO_4	CO_3	Cl	Fl	Mg
CaO	0.86	—	—	—	5.27	Kinderknochen (*v. Recklinghausen*): 3 Tage alter Schädelknochen	38.41	56.20	4.85	—	—	0.54
$3Ca_3P_2O_8$	93.35	89.09	94.30	93.40	91.32	14 Tage alter Schädel	36.43	56.96	6.02	—	—	0.59
$Ca\ CO_3$	4.80				1.61	14 Tage alter Femur	37.66	54.81	7.06	—	—	0.47
$MgCO_3$	0.78	—	—	—	0.75	9 Jahre alter Femur: Corticalſchicht	37.98	54.86	6.88	—	—	0.28
Fe_2O_3	0.09	—	—	—	0.10	9 Jahre alter Femur: Epiphyſe	37.97	56.73	4.97	—	—	0.33
$CaSO_4$	0.12	—	—	—	0.09	Menſch (*Zalesky*)	40.13	52.16	7.81	0.18	0.23	0.29
$CaCl_2$	—	0.46	0.62	0.68	—	Hammel (*Heintz*)	38.52	53.29	5.65	—	1.97	0.58
$MgHPO_4$	—	2.22	2.73	1.68	—	Ochs (*Heintz*)	38.52	52.98	6.04	—	1.89	0.57
Lösliche Salze	—	0.24	0.15	4.74	—	Ochs (*Zalesky*)	40.69	53.50	8.45	—	0.30	0.28
Organ. Subſtanz	3.60	9.71	2.06		27.70	Schildkröte (*Zalesky*)	39.60	53.69	7.19	—	0.20	0.37

Zalesky fand in den Knochen vom Menſchen 34.56% organiſche Subſtanz; vom Rinde 32.02%; vom Meerſchweinchen 34.70%; von Testudo graeca 36.97%; *Heintz* dagegen beim Menſchen 30.47—31.12%; beim Rinde 30.58%; beim Hammel 26.54%, und ähnliche Schwankungen wurden auch von anderen Beobachtern gefunden.

[59]) Wichtigere Literatur über die Zuſammenſetzung der Knochenerde: *J. Berzelius*, Lehrb. d. Chemie. Dresden. 1831. Bd. 2. S. 622, Bd. 4. Abth. 1. S. 444; *Heintz*, Ann. d. Phyſik u. Chemie. Bd. 77. S. 267; *v. Recklinghauſen*, Arch. f. path. Anat. Bd. 14. 1858. S. 466; *Wildt*, Diss. inaug. fac. philos. Leipzig. 1872; *Hoppe-Seyler*, Phyſiologiſche Chemie. 1877. S. 99—108; *Aeby*, Journ. f. prakt. Chemie. 2. Reihe. Bd. 5. S. 308 u. Bd. 6. S. 169; ferner Ber. d. d. chem. Geſellſch. Bd. 7. S. 555, Bd. 9. S. 469 u. Bd. 10. S. 408.

[60]) Die Analyſen des ſog. Chondrogens und des ſog. Chondrins ergaben beiſtehende Procentziffern:

	Rippenknorpel vom Menſch *(Scherer)*	Rippenknorpel des Karpfen *(v. Bibra)*	Cornea *(Scherer)*	Knorpelleim *(Mulder)*
Kohlenſtoff	50.9	50.3	49.5	49.9
Waſſerſtoff	6.9	7.2	7.1	6.6
Stickſtoff	14.9	18.4	14.4	14.5
Sauerſtoff + Schwefel	27.2	24.0	28.9	29.0

In 100 Theilen friſcher Knorpel eines Haies (Scymnus borealis) fanden *Peterſen* und *Soxhlet* (Journ. f. prakt. Chemie. 2. Reihe. Bd. 7. S. 179) 25,8% Trockenſubſtanz und 68,89% Aſche. Letztere beſtand aus 94,24% NaCl, 0,79% Na_2O, 1,64% K_2O, 0,40% CaO, 0,05% MgO, 0,27% Fe_2O_3, 1,03% P_2O_5 und 1,88% SO_3. Die organiſche Subſtanz des Knorpels enthielt 15,4% Stickſtoff.

[61]) Von den Panzern verſchiedener Krebſe finden ſich folgende, ältere Analyſen (cf. *Schloßberger*, Chemie der Gewebe. 1856. I. S. 218 u. 219) vor:

	Hummer *(Guilliot)*	Hummer *(Chevreul)*	Scheeren des Hummers *(C. Schmidt)*	Flußkrebs *(Morat-Guilliot)*	Bruſtpanzer des Flußkrebſes *(C. Schmidt)*	Pagurus *(Chevreul)*	Pagurus *(Goebel)*	Squilla mantis *(C. Schmidt)*
CO_3Ca	40.00	49.26	67.73	60.00	46.26	62.80	68.50	19.50
$(PO_4)_2Ca_3$	14.00	3.22	9.29	12.00	7.01	6.00	14.68	17.66
Organ. Materie	28.00	44.76	22.98	28.00	46.73	28.60	16.50	62.84

[62]) Analyſen von den Polypenſtöcken der Rindencorallen (Gorgoninae) liegen nur wenige vor. Am Genaueſten dürfte die von *G. v. Koch* (Morph. Jahrb. Bd. 4. S. 118) mitgetheilte und von *Schridde* ausgeführte Analyſe der Kalkglieder von Isis Neapolitana ſein.

	Isis Neapolitana *(Schridde)*		Corallium rubrum	
			(*Vogel*, Ann. de chimie. T. 89 p. 113)	(*Witting*, Ann. der Chem. und Pharm. Bd. I. S. 113)
CO_2	42.36	CO_3Ca	85.5	83.25
CaO	49.57	CO_3Mg	6.5	3.50
MgO	7.98	Fe_2O_3	1.0	4.25
SiO_2	0.09	Gyps + ClNa	0.5	
Organiſche Materie	unwägbar	Organiſche Subſtanz	1.0	7.75 (incl. Sand etc.)
		Waſſer	6.0	

Der Procentgehalt an Aſche iſt bei den kalkreichen Achſen einiger Pennatuliden nach *Frémy* (Ann. de chim. et de phys. 3. Sér. T. 43. 1855. p. 98) der Folgende:

Pennatula spinosa 40.0%
P. grisea 31.2%
P. phosphorea 45.2%
(andere Form) 48.0%

Vollſtändigere Analyſen zweier Pennatulidenſpecies ergaben *Frémy* (ibid.) beiſtehende Werthe:

	I.	II.
Calciumphosphat	23.70	16.00
Calciumcarbonat	44.26	53.57
In Säuren unlösliche organiſche Subſtanzen	16.40	11.10
In Säuren lösliche organiſche Subſtanzen	15.64	19.33

[63]) *Raspail* u. *Prévoſt*, *Bronn*'s Klaſſen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. 3. Abth. 1. 1862. S. 410.

[64]) Siehe Tabelle auf S. 265.

[65]) Vgl. *Krukenberg*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. der Univ. Heidelberg. Bd. 2. 1878. S. 287—289.

[66]) Vgl. Naturforſcher von *W. Sklarek*. II. Jahrg. 1869. S. 47; Induſtrieblätter. 10. Jahrg. 1873. S. 388, 399, 408 u. 416 ſowie die bekannten neueren Handbücher der Chemie.

[67]) Siehe Tabelle auf S. 266.

[68]) Vgl. die abweichenden Anſchauungen von *Fel. Müller*, Zool. Anzeiger. 8. Jahrg. 1885. S. 70—75.

[69]) *C. Schmidt*, Zur vgl. Phyſiologie etc. S. 56.

[70]) *H. Meckel*, *Müller*'s Archiv. 1846. S. 17.

[64]) Die vollſtändigſten Analyſen von Molluskengehäuſen, welchen ich auch die für Sepienſchulpen gefundenen Procentzahlen hinzugefügt habe, ſind meines Wiſſens folgende:

	Lingula ovalis-Aſche (*Logan* u. *Hunt*)	Lepas laevis (*C. Schmidt*)	Lepas-Aſche (*C. Schmidt*)	Ostrea (*Schlossberger*)				Unio (abgerieben) (*Voit*)	Hyalaea (*Berth. Wicke*)	Helix pomatia (*B. Wicke*)		Sepia-Schulpen (*J. F. John*)
				Perlmutterſchicht		Schuppenſchicht	Kreideartige Schicht			Schale	Epiphragma	
				I.	II.							
Organ. Subſtanz	—	3.09	—	2.2	0.8	6.27	4.70	4.29	1.44	0.95	6.42	ca. 4.0
CO_3Ca	11.75	96.01	0.7	94.7	98.2	89.59	88.59	93.68	93.49	96.07	86.75	ca. 85.0
$(PO_4)_2Ca_3$	85.79		99.3					—	1.62	0.85	5.36	Spur.
$(PO_4)_2Fe_2$	—		—					—			0.16	—
CO_3Mg	—		—	3.1	0.8	4.64	6.71	—	0.59	0.98	0.96	—
MgO	2.80		—					—	—	—	—	—
SiO_2	—		—					1.62	—	1.15	0.35	—
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—	—	0.39	—	—	—	—
P_2O_5	—	—	—	—	—	—	—	0.02	—	—	—	—

Literaturnachweiſe zu den Analyſen: *Logan* u. *Hunt, Silliman's* americ. Journ. sec. ser. 17. p. 235; *C. Schmidt,* Zur vgl. Phyſiolog. etc. S. 61; *Schloßberger,* Chemie d. Gewebe. I. S. 210 ff.; *B. Wicke, Bronn's* Klaſſen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. 3. Abth. 2. 1866. S. 915 u. 1187; *Voit,* Zeitſchr. für wiss. Zool. Bd. 10. 1860. S. 470—498; *J. F. John, Meckel's* Archiv f. Phyſiologie. Bd. 4. 1818. S. 431—435.

[67]) Beſtimmungen des Kieſelſäuregehaltes der Federn von *v. Gorup-Besanez*

(Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 66. S. 321).

A. Einfluß der Nahrung auf den Kieſelerdegehalt der Federn.

Thiere		In 100 Thln. Subſtanz		In 100 Th. Aſche Kieſelerde
Nahrung	Species	Aſche	Kieſelerde	
Körner, Getreide etc.	Haushahn	7.43	3.71	50
	Truthahn	6.79	1.69	25
	Saatkrähe	4.83	1.95	38
	Taube	2.37	0.59	25
	Gans	3.83	1.47	38
	Rebhuhn	3.79	2.47	65
	Mittel	4.84	1.98	40
Fiſche, Fiſcheier, Waſſerinfecten, Waſſerpflanzen	Sturmmöve	1.25	—	—
	Nachtrabe	2.04	0.29	14
	Fiſchreiher	2.06	0.28	13
	Weißer Reiher	1.07	0.19	18
	Kropfgans	5.45	0.53	9
	Albatros	2.43	0.25	10
	Eisvogel	0.99	0.09	10
	Mittel	2.41	0.23	10.5
Säugethiere, Insecten	Schleiereule	2.92	1.35	46
	Waldkauz	1.41	0.39	27
	Mäuſebuſſard	2.19	0.51	23
	Rauhfüßiger Falke	2.14	0.61	28
	Sperber	2.70	0.87	32
	Nebelkrähe (mit Fleiſch gefüttert)	1.62	0.11	7
	Mittel	2.16	0.64	27

B. Einfluß des Alters auf den Kieſelerdegehalt der Federn.

Thiere		In 100 Thln. Subſtanz		In 100 Th. Aſche Kieſelerde
		Aſche	Kieſelerde	
Picus viridis	Altes Thier	2.19	0.62	28
» »	Junges Thier	1.65	0.32	19
Corvus pica	Altes Thier	3.78	1.51	40
» »	Junges Thier	2.30	0.74	32
Columba dom.	Altes Thier	2.37	0.59	25
» »	Junges Thier	0.86	—	—

[71]) Literatur über die Verkalkung der Molluskengehäuſe:

Réaumur, Hiſtoire de l'acad. r. des scienc. Année 1709. Paris 1711. Mémoires. p. 364—400 u. Année 1716. Paris 1718. Mém. p. 303—311; *Hérissant*, ibid. Anneé 1766. Paris 1776. Mém. p. 508—540. *Home*, Philos. Transact. 1806. p. 276; Comte *de Bournon*, Traité complet de la chaux carbonatée et de l'aragonite. Vol. I. London. 1808. p. 310—338; *H. de la Bèche*, Researches on theoretical geology. London. 1834. p. 75 ff. *L. A. Necker*, Ann. d. scienc. nat. 2. Sér. Zoologie. T. 11. 1839. p. 52—55; *Biſchoff*, Lehrb. d. chem. Geologie. Bd. 2. S. 1136; *L. v. Buch*, Abhandl. der Berliner Academie. Jahrg. 1828. (1831). S. 47; *J. Noeggerath*, Archiv f. Naturg. Bd. 15. 1849. I. S. 209—224; *F. Leydolt*, Sitzb. d. math.-nat. Klaſſe d. k. Acad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 19. 1856. S. 10—32; *G. Roſe*, Abhandl. d. k. Acad. d. Wiſſ. in Berlin. Jahrg. 1858. (Berlin 1859.) S. 63—111.

[72]) *Keferſtein*, *Bronn*'s Klaſſen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. 3. Abth. 2. 1866. S. 909.

[73]) *C. Schmidt*, a. a. O.

[74]) Die ausgedehnteſten Analyſen der Mineralbeſtandtheile riffebauender Corallen ſind von *Silliman* ausgeführt, der dieſelben in *Dana*'s umfangreichem Werke über die Zoophyten (Auszug im Americ. Journ. for scienc. sec. Ser. I. p. 189—199) bekannt machte. Derſelbe fand:

	CO_3Ca	Fluoride und Phosphate	Organiſche Subſtanzen
Porites favosa (Sandwichsinſeln)	95.84	2.05	2.11
P. limosa (aus Feejees)	94.41	0.90	4.68
P. cylindrica (dto.)	94.80	0.95	4.24
P. fragosa (dto.)	93.87	1.56	4.56
Madrepora palmata (Weſtindien)	94.81	0.74	4.44
M. spirifera (Ceylon)	92.85	0.60	6.58
M. prolifera (Bermudasinſeln)	95.08	0.30	4.61
M. plantaginea (Ceylon)	94.88	0.71	4.40
Pocillopora damicornis (Saoloo)	94.65	0.55	4.79
P. elongata (Ceylon)	93.16	1.90	4.50
P. grandis (Feejees)	95.00	1.45	3.54
P. ligulata (Sandwichsinſeln)	93.84	0.55	5.60
P. caespitosa (dto.)	94.58	1.05	4.39
Millepora tortuosa (Feejees)	94.22	1.20	4.57
Heliopora coerulea (Oſtindien)	95.54	1.00	3.45
Gemmipora brassica (Feejees)	92.75	1.50	5.75
Maeandrina phrygia (Ceylon)	93.56	0.91	5.54
Astraea Orion (Feejees)	96.47	0.80	2.73

Als Phosphate und Fluoride ſind hier diejenigen Materien aufgeführt, welche aus der ſauren Löſung durch Kalkwaſſer gefällt wurden. Bei einigen Arten, die *Silliman* in zahlreichen Exemplaren zur Verfügung hatte, konnte er dieſe Fällungen näher unterſuchen. Sie beſtanden aus:

	Porites favosa	Madr. palm.	Madr. spir.	Madr. prol.	Madr. plant.	Pocill. lig.	Maeandr. phryg.	Astraea Orion
Kieſelſäure	22.00	12.25	13.50	10.32	23.74	5.35	11.0	30.01
Calciumoxyd	13.03	7.50	10.40	15.57	35.01	7.17	25.9	17.45
Magneſiumoxyd	7.66	4.20	1.63	38.49	1.25	0.49	0.8	24.57
Calciumfluorid	7.83	26.34	34.85	7.50	8.88	4.05	15.0	0.85
Magneſiumfluorid	12.48	26.62	19.06	2.62	20.44	4.25	23.2	4.31
Magneſiumphosphat	2.70	8.00	5.87	0.25	3.46	16.30	4.7	0.32
Albuminiumoxyd	16.00	14.84	14.69	25.25	7.12	35.00	19.4	22.49
Eiſenoxyd	18.30	—	—	—	—	27.39	—	—

Die Aſche des Skelets von Stylophora digitata beſitzt nach *Schridde* (cf. *G. v. Koch,* Jenaiſche Zeitſchr. Bd. 11. 1877. S. 376) folgende procentiſche Zuſammenſetzung:

CaO	53.7
CO_2	41.7
H_2O	3.8
Fe	0.6
Mg	0.005
Rückſtand	0.003
Verluſt	0.012
	100,00

[75]) *Heſſel,* Einfluß des organiſchen Körpers auf den unorganiſchen. Marburg. 1826.

[76]) *Haidinger,* Verhandl. d. böhm. Geſellſch. d. Wiſſ. Prag. 1841. S. 6 u. 7.

[77]) Eine Analyſe der Schale des Echinus lividus durch *Brunner* (*O. Schmidt,* Zoologie. 1854. S. 66) ergab:

CO_3Ca	86.81
CO_3Mg	0.84
SO_4Ca	1.38
Andere Salze + Verluſt	1.14
Organiſche Stoffe	9.83
	100.00

[78]) *Keferſtein,* a. a. O. Bd. 3, Abth. 1. 1862. S. 411.

[79]) *Roussin*, Journ. de pharm. et de chimie. T. 43. p. 102.

[80]) *Damour's* Analysen (Compt. rend. T. 31. p. 253—255) von Nulliporen, Milleporen und verwandten Formen ergaben folgende Procentzahlen:

	Millepora cervicornis (Canal)	Lithophyllum (Mittelmeer)	Melobesia (Algier)	Amphiroa tribulus (Antillen)	Halimeda opuntia (Rothes Meer)	Galaxaura fragilis (Antillen)
CO_3Ca	87.32	77.36	72.78	70.84	86.17	72.56
CO_3Mg	8.51	11.32	12.32	16.99	0.56	0.86
Na_2O	0.45	0.55	1.75	0.89	1.13	0.73
K_2O	0.34	0.27	0.65	0.39	0.54	1.02
Fe_2O_3	0.55	0.08	0.20	—	—	—
SO_3	0.89	0.95	1.25	0.93	Spuren	Spuren
P_2O_5	0.23	0.32	0.38	0.27	Spuren	Spuren
Cl_2	Spuren	0.60	0.34	0.53	0.84	1.17
SO_4Ca	—	—	—	0.20	0.55	1.80
Organ. Subftanz	0.35	4.70	3.95	6.40	8.30	17.50
Feuchtigkeit	0.64	1.46	1.40	1.38	0.90	0.95
SiO_3	—	—	—	—	—	2.20
Sand	0.63	1.36	4.28	—	—	—

Das Korallenmoos (Corallina officinalis) fand *Boucier* (Anat. der Tange. 1843. S. 8) folgendermaßen zufammengefetzt:

CO_3Ca	61.6
CO_3Mg	7.4
$(PO_4)_2Ca_3$	0.3
SO_4Ca_2	1.9
2(ClNa)	1.9
Fe_2O_3	0.2
Gallerte	6.6
Eiweiß	6.4

[81]) *H. Potonié*, Das Skelet der Pflanzen. Samml. wiffenfch. Vorträge von *R. Virchow* und *F. v. Holtzendorf*. Heft 382. Berlin. 1882.

V.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

CONTRACTILEN GEWEBE.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der contractilen Gewebe.

Kein zweites thierifches Gewebe würde ich namhaft zu machen wiffen, welches bei einer nach jeder Richtung hin zutreffenden Definition eine fo vielfeitige und lohnende Vergleichung geftattet, wie das Muskelgewebe. Als das einzige faferig ftruirte Gewebe, welches unter Nerveneinfluß ftcht und fich in der Richtung der Faferung durch innere Kräfte vorübergehend verkürzt, erfüllt das Muskelgewebe in der Thierreihe überall die nämliche Function, aber fein chemifcher wie hiftiologifcher Bau und das Maaß feiner Leiftungsfähigkeit bieten uns die denkbarften Verfchiedenheiten dar. Bald bauen fich die einzelnen Fafern aus einer großen Anzahl ungleichwerthiger Stücke, von ifotropen und anifotropen, mehr oder weniger dicken Querfcheiben auf, bald machen fie in ihrer ganzen Länge einen vollkommen einheitlichen Eindruck; bald finden wir fie überladen mit gewiffen, leicht nachweisbaren Stoffwechfelproducten, bald werden die conftanteften Producte der Muskelthätigkeit aus dem Gewebe fo fchnell entfernt, daß es mannigfacher Anftrengungen bedurfte, diefelben als folche überhaupt nur zu erkennen; bald ift das ausgiebigfte Contractilitätsvermögen an die Integrität des Muskelgewebes fo eng gebunden, daß der ausgefchnittene Muskel feine phyfiologifche Beftimmung kaum noch errathen läßt, und bald lehrt der phyfiologifche Verfuch, daß trotz einer annähernden Wahrung des chemifchen Gefüges nur in Folge einer nicht leicht zu überfehenden Umlagerung

der hiſtiologiſchen Elemente das urſprünglich als Muskelzelle angelegte Gebilde auf Reize nicht mehr zuckt, ſondern ſtatt deſſen elektriſche Schläge entſendet. Es liegt auf der Hand, daß bei einem derartigen Gewebe, deſſen charakteriſtiſche Function ſo gewaltigen quantitativen Schwankungen unterworfen iſt, deſſen chemiſche Beſtandtheile ſo wechſelvolle ſind, und deſſen hiſtiologiſcher Bau vom Unkenntlichen bis zum fein Differenzirten ſich ſteigert, alle forſchenden Augen darauf gerichtet waren, den Beziehungen nachzuſpüren, welche zwiſchen Function, chemiſchem, phyſikaliſchem und hiſtiologiſchem Verhalten in einer oder der anderen Weiſe nothwendig beſtehen müſſen.

Muskel und formveränderliches Protoplasma.

Die Function des Muskelgewebes, wie es mit ſeinen Scheiden, Nerven, Gefäßen und in der Art ſeiner Anordnung als Organ, als Muskel, uns entgegentritt, ſuchen wir in dem Vermögen, Verkürzungen auszuführen und ſo auseinander liegende Körperſtellen einander zu nähern. Aber ſelbſt dann, wenn wir die Contractionen unter Nerveneinfluß ſtellen, bleibt, entgegen der Anſchauung von *Hermann*[1]), die Contractilität[2]) kein Specificum des Muskels; denn es giebt auch eine große Reihe protoplasmatiſcher Gebilde, ſo z. B. die Chromatoblaſten in der Haut der Pleuronectiden[3]), welche mit Nerven verbunden ſind. Soll ein Connex zwiſchen Function, chemiſchem, phyſikaliſchem und hiſtiologiſchem Verhalten aufgeſucht werden, ſo haben wir neben den Muskeln auch die Organe zu berückſichtigen, welche nervenlos, in ihrem feineren Gefüge gewöhnlich nicht faſerig angeordnet ſind und an denen deshalb auch die Contractionswellen in weniger fixirten Bahnen als an den Muskeln verlaufen. Wir ſetzen den Muskeln ſomit das innervirte und das ſog. ſelbſtcontractile, d. h. das wegen ſeiner Nervenloſigkeit nur direct zur Contraction zu bringende Protoplasma entgegen, und könnten als beſondere Formen des ſelbſtcontractilen Protoplasmas auch noch die den Muskelfaſern durch die ſtructurell vorgeſchriebenen Contractionsbahnen ſehr nahetretenden ſog. «contractilen

Faſern», welche ſich bei Spongien und Vorticellen finden, ſowie die contractilen Antheile der Flimmerzellen unterſcheiden. Der allgemeinſte Unterſchied in der Bewegung der Flimmern und der der Muskelfaſern beſteht nach *Engelmann*[4]) darin, daß die Formveränderung im erſten Falle nicht auf allen Punkten desſelben Querſchnittes gleichzeitig und gleich ſtark, alſo nicht ſymmetriſch in Bezug auf jede durch die Längsaxe des Organes gelegte Ebene, ſondern aſymmetriſch ſtattfindet: es erfolgt nicht eine geradlinige Verkürzung bezüglich Streckung, ſondern eine Seitwärtskrümmung des Organs. Ob dieſes Unterſcheidungsmerkmal ein durchſchlagendes iſt, ſteht meines Erachtens aber ſehr dahin, und einen triftigen Grund für die Behauptung, daß die contractilen Theilchen der Flimmerzellen nicht automatiſch reizbar ſind, hat uns *Engelmann* noch nicht geliefert. Die Fortpflanzung des Reizes wird bei den Flimmerorganen in analoger Weiſe erfolgen wie bei den Blättern der Sinnpflanzen, alſo auf ſporadiſchen und partiellen Turgescenzerſcheinungen in den Zellkörpern ſelbſt beruhen. Wenn nun aber *Engelmann*[5]) äußert, die mit den Contractilitätserſcheinungen einhergehenden Quellungen an den Flimmerorganen wie an den doppeltbrechenden Querſcheiben der Muskelfaſern auf eine einfache Waſſerimbibition «unzweifelhaft lebloſer Körper (z. B. getrockneter oder in abſolutem Alkohol erhärteter Bindegewebsfibrillen)» zurückgeführt zu haben, ſo möchte ich von ihm doch auch die Frage gelöſt ſehen, warum das Waſſer die doppeltbrechende contractile Subſtanz ſo raſch wieder verläßt und der Contraction eine Erſchlaffung auf dem Fuße nachfolgen kann. So roh und plump, wie ſich *Engelmann* die Contractionen vorſtellt, verhalten ſich dieſe vitalen Vorgänge jedenfalls nicht, und es geſtatten dieſelben nur anzunehmen, daß, wie es Theile giebt, die (z. B. die Gallerte der Meduſen) nur ſolange ſie leben, mit coloſſalen Waſſermaſſen imprägnirt bleiben, und andere (Froſchheileiter), die intra vitam jede mächtigere Waſſeraufnahme verweigern, gleich nach dem Tode aber

die mehr als hundertfache Waſſermenge auffaugen[6]), auch in den contractilen Geweben ſolche exiſtiren, bei denen die Waſſeraufnahme und die Waſſerabgabe entſprechend den vitalen Reizzuſtänden wechſeln. Auch für die Behauptung *Engelmann*'s[7]), daß einige Flimmerzellen unter directem Nerveneinfluſſe ſtehen, fehlt jeder experimentelle Nachweis. Speciell für die Schwingplättchen von Beroë habe ich[8]) gezeigt, daß die Nervenreize nicht die automatiſch immer thätigen Flimmern treffen und deren Bewegungen direct ſiſtiren, ſondern dem Flimmerſchlage nur dadurch Einhalt gebieten, daß ſie die Radialmuskeln zur Contraction bringen und daß erſt in Folge deſſen die Schwingplättchen wie durch Sperrleiſten feſtgeſtellt und ſo indirect unbeweglich gemacht werden.

Abgeſehen von der Zuleitung der regulirenden Impulſe und der Anordnung ihrer contractilen Elemente, ſind die aufgezählten ſog. ſelbſtcontractilen Protoplasmaformen nicht näher zu präciſiren und auseinanderzuhalten, ja es gelingt ſelbſt nicht, contractiles und nicht contractiles Protoplasma durch irgend ein chemiſches Merkmal zu unterſcheiden, und es entſpricht daher dem gegenwärtigen Stande der Wiſſenſchaft, wenn wir dieſelben einfach unter der Bezeichnung «formveränderliches Protoplasma» den Muskeln gegenüber ſtellen.

Durch die in den ſiebenziger Jahren viel Aufſehen erregende Arbeit *Kleinenberg*'s über Hydra ſchien ſich der Begriff des Muskels noch anderweitig zu verwiſchen. Es verlohnt ſich gewiß der Mühe, auf die *Kleinenberg*'ſchen Anſchauungen hier etwas näher einzugehen, da dieſelben jetzt auch unter den ſog. Specialphyſiologen ihre Verehrer gefunden haben und in kaum einem neueren Lehrbuche der ſog. menſchlichen Phyſiologie mit Stillſchweigen übergangen ſind; die Biologen wiſſen zwar ſchon ſeit einem halben Decennium, daß von dem viel bewunderten Gebäude der ſog. Neuromuskeltheorie[9]) auch nicht zwei Steine aufeinander geblieben ſind.

Kleinenberg wies nach, daß bei Hydra die Muskellamelle aus Zellenfortſätzen beſteht, die mit den großen Zellkörpern des Ectoderms im ſtändigen Zuſammenhange bleiben. Reizverſuche, allerdings ſehr primitiver Art und bei welchen Täuſchungen keineswegs ausgeſchloſſen waren, zeigten ihm, daß die Fortſätze allein contractil ſind, die dazu gehörigen Zellkörper dagegen ſich bei den Bewegungen nur paſſiv verhalten. *Kleinenberg* hält es für unberechtigt, ein ſo beſchaffenes Gewebe morphologiſch einem der bekannten Gewebe anderer Thiere gleich zu ſetzen oder ihm phyſiologiſch nur eine Function zuzuerkennen, vielmehr erblickt er in ihm den niedrigſten Entwicklungszuſtand des ganzen «Nervenmuskelſyſtems, in welchem eine anatomiſche Sonderung der beiden Syſteme in der Weiſe, wie ſie bei allen höheren Thieren vorkommt, noch nicht ſtattgefunden hat». Jede einzelne Zelle iſt nach *Kleinenberg*'s Theorie die Trägerin einer doppelten Function, indem die Theile derſelben, die als lange Fortſätze in der Mitte der Körperwandung verlaufen, contractil ſind und als Muskel functioniren, während der Zellkörper, von dem ſie ausgehen und der in unmittelbarer Berührung mit dem umgebenden Medium ſteht, Reize leitet und durch Uebertragung derſelben auf die Fortſätze Contractionen an dieſen auslöſt, d. h. als motoriſcher Nerv wirkt. Eine ſo beſchaffene Zelle wird daher als Neuromuskelzelle bezeichnet. Neuromuskeltheorie

Gegenbaur und *Haeckel* verſuchten dieſe Theorie weiter auszubilden, und ſahen in den Neuromuskelzellen «die erſten Anfänge der in höher differenzirten Zuſtänden in dem Zuſammenhang von Ganglienzelle, Nerven- und Muskelfaſer ausgeſprochenen Einrichtung.» «Wenn wir annehmen», äußerte *Gegenbaur*, «daß die bei Hydra nur als Fortſätze von Zellen erſcheinenden Faſern allmählig einen Kern erhalten, indem das Theilungsproduct des Kernes der Zelle auf die Faſer gelangt, daß ferner die Ectodermzelle nicht mehr ſo unmittelbar, ſondern durch einen geſonderten Fortſatz

mit der ſomit gleichfalls ſelbſtſtändiger gewordenen Faſer ſich verbindet, ſo iſt damit ein Uebergang zu jenem differenzirteren Zuſtande gegeben; Nerven wie Muskeln erſcheinen von dieſem Geſichtspunkte aus als die Producte der Sonderung einer und derſelben Gewebsſchicht des Ectoderms. Damit wird zugleich ein phyſiologiſches Poſtulat erfüllt; denn es iſt völlig undenkbar (?), daß Nerv oder Muskel in ihren Elementen einmal von einander geſondert beſtanden, und daß der die Functionen beider beſtimmende Zuſammenhang das Ergebniß einer ſpäteren Verbindung ſei.»

Zwar ohne die Entſtehung der von ihm beobachteten Theile aus einer Zelle nachzuweiſen, ſchrieb *Éd. van Beneden* dem Neuromuskelſyſteme bei Hydractinia eine höhere Ausbildung zu. Einer Stützlamelle liegen hier Muskelfaſern auf, deren jede von einer dünnen Protoplasmalage mit Kern bedeckt iſt. Ein Protoplasmafaden, ein wahrer motoriſcher Nerv, ſtellt die Verbindung mit einer Ectodermzelle her, welche phyſiologiſch gleichzeitig die Stelle einer Sinnes- und Ganglienzelle vertritt. Die Neuromuskelzelle von Hydra ſoll ſich daher bei Hydractinia in eine neuroepitheliale Zelle, in eine Nervenfaſer und eine Muskelzelle geſondert haben.

Eine noch weiter gehende Differenzirung des Neuromuskelſyſtems ſollte nach *Eimer* bei Beroë und ſelbſt bei allen Acephalen, wahrſcheinlich überhaupt bei den Cölenteraten vorliegen. *Eimer*'s Angaben zur Folge findet ſich bei den Rippenquallen unter einem einſchichtigen Plattenepithel als äußerſte Lage einer muskelfreien Gallertſchicht, welche von dem die Muskelfaſern enthaltenden Theile der Gallerte überall ſcharf abgegrenzt iſt, eine derbe, dünne homogene Membran. Das Epithel wird der Epidermis, die Membran und die muskelfreie Gallertſchicht werden der Cutis der höheren Thiere verglichen und die beiden letzteren mit dem Namen der Nervea belegt, weil ſie ſich durch einen großen Reichthum an Nervenfaſern und Ganglienzellen auszeichnen, welche durch complicirte Netze von Primitivfibrillen mit äußerſt feinen, drei- und

vieleckigen Maſchen zuſammenhängen. Die auf der Nervea befindlichen Epithelzellen treten insgeſammt mit feinſten Primitivfibrillen in Verbindung, welche aus dichotomiſch ſich theilenden Nervenfaſern hervorgehen. Dieſe können durch die Gallerte verfolgt und als die directe Fortſetzung von Muskelfaſern erkannt werden, wobei das Neurilemm in das Sarcolemm und die Nervenſubſtanz allmählig in die contractile Subſtanz übergeht. Der Uebergang zwiſchen nervöſen und contractilen Faſern, welche beide zuſammen Neuromuskelfaſern genannt werden, geſchieht an der inneren Grenze der Nervea, und eine weitere Eigenthümlichkeit des Nervengewebes der Beroiden beſteht nach *Eimer* noch darin, daß ſich überall «vollſtändige Uebergangsformen zwiſchen den ausgebildeten Ganglienzellen und den Varicoſitäten der Nervenfaſern vorfinden», ſo daß die Nerven als «Ketten von Ganglienzellen oder Ganglienkernen» zu betrachten ſind und, da kein anderes beſonders differenzirtes Centralorgan vorhanden ſein ſoll, die Nervea das Centralnervenſyſtem der Beroiden darſtellt.

Huxley, der die in einem paſſiven nutritiven Verhalten gegebene Eigenthümlichkeit der Nerven nicht kennt, glaubt, auch ohne ſelbſt Hand an die Löſung der Frage gelegt zu haben, daß den *Kleinenberg*'ſchen Faſern der Neuromuskelzellen lediglich eine leitende Function zukomme, und daß das von *Eimer* für Beroë geſchilderte Verhalten darauf zurückzuführen ſei, daß jene Faſern durch Entwicklung eines mächtigen Meſoderms ſich trennten und verlängerten. Als Grund für ſeine Auffaſſung der *Kleinenberg*'ſchen Faſern als reine Leitungsbahnen vermag *Huxley* nur anzuführen, daß dieſelben als contractile Elemente allein die Verkürzung, nicht aber die mindeſtens ebenſo kräftige Verlängerung des Polypenkörpers erklären würden.

Eine richtige hiſtiologiſche Deutung erfuhren die *Kleinenberg*'ſchen Befunde erſt durch *Claus*, *Hertwig* und *Chun*. Dieſe Autoren verglichen den plasmatiſchen, nach außen gewendeten Theil der

ſog. Neuromuskelzelle dem Muskelkörperchen höherer Thiere (dem wandſtändigen Kerne mit umgebendem Plasma der jungen Ctenophorenmuskeln) und erſetzten zugleich, um die morphologiſch wichtige Lagerung der Muskelzellen im Ectoderm und auch im Entoderm anzudeuten, die Bezeichnung «Neuromuskelzelle» durch den Namen «Epithelmuskelzelle». Treffend machen *Hertwig*'s darauf aufmerkſam, daß bei den Infuſorien zwar, wo die größten hiſtiologiſchen Sonderungen im Rahmen einer Zelle zu beobachten ſind, die morphologiſche Einheit der functionell verſchiedenen Theile niemals aufgegeben wird, daß aber bei den höheren Thieren die hiſtiologiſche Sonderung nicht in der Weiſe erfolgt, daß eine Zelle zwei Functionen beſonders ausbildet und dann entſprechend den beiden different gewordenen Theilen in zwei functionell verſchiedene Zellenindividuen zerfällt, ſondern daß es ſtets ſchon geſonderte, urſprünglich gleichartige Zellen ſind, die unter ſich die Arbeit theilen und ſich zu dieſer oder jener Function beſonders weiter entwickeln. «Die hiſtiologiſchen Sonderungsproceſſe beruhen nicht, wie die Neuromuskeltheorie annimmt, auf der Trennung und auf einem Selbſtſtändigwerden verſchieden differenzirter Zellentheile, ſondern auf der verſchiedenen Differenzirung getrennter und urſprünglich gleichartiger Zellen.»

Dieſe theoretiſchen Erwägungen fanden ihre Stütze darin, daß bei den Meduſen, ſpäter auch bei den Actinien die drei als weſentlich zu bezeichnenden Elemente des Nervenſyſtems: die Sinnes-, Ganglien- und Muskelzelle (durch Nervenfibrillen unter einander verbunden) thatſächlich zur Beobachtung gelangten, und daß die an Meduſen wie an Ctenophoren gewonnenen experimentellen Reſultate ohne die Annahme von Hemmungscentren ganz unverſtändlich bleiben mußten. Mit Hinweis auf letztere Erfahrungen bemerkte auch *Chun*, daß eine Neuromuskelzelle, die mit dem protoplasmatiſchen, nach außen gewendeten Fortſatze die Contractionen hemmenden Reize der contractilen Faſer zuleitet, ein Ab-

ſurdum iſt. «Da gerade die Exiſtenz von Hemmungsnerven diejenige eines irritabeln Muskels vorausſetzt, ſo werden wir zur Annahme gedrängt, daß erſt secundär das Nervenſyſtem mit dem Muskel in Verbindung trat, daß ſeine motoriſchen und hemmenden Qualitäten erſt erworben wurden, nachdem die Sinnesorgane aus dem gleichſam neutralen Bildungsmateriale des Gemeingefühls in ihren ſpecifiſchen Energieen ſich abgeſpalten hatten und das Bedürfniß entſtand, die Perceptionen in zweckmäßiger Weiſe dem Geſammtorganismus zu Gute kommen zu laſſen.» Erſt in der vergleichenden Nervenphyſiologie werde ich ausführlicher auseinander zu ſetzen haben, daß ſich bei keinem Vertreter einer andern Claſſe unter den Wirbelloſen der Beweis für die Exiſtenz von motoriſchen Nervenendigungen, analog denen der quergeſtreiften Muskeln von Wirbelthieren ſo ſicher führen läßt, als gerade bei den Meduſen. Repräſentanten anderer Typen unter den Wirbelloſen, welche mit den Wirbelthieren in der Einrichtung des ganzen Nervenmuskelapparates eine größere functionelle Uebereinſtimmung darbieten, ſind nicht aufzufinden geweſen! Und im Grunde die gleichen Einrichtungen, welche ſich betreffs der Differenzirung und der Anordnung der Nervenelemente durch einwurfsfreie Verſuche für die Meduſen ergeben haben, finden ſich zweifellos auch bei den Anthozoën verwirklicht; denn die an verſchiedenen Actinienſpecies beobachteten Vergiftungsbilder ſtimmen in allen weſentlichen Punkten gut mit denen der Meduſen überein und nur eine zu gleichmäßige Vertheilung der Ganglien, Nerven und Muskeln im übrigen Körpergewebe verbietet bei den Fleiſchpolypen eine ſcharfe experimentelle Trennung der einzelnen nervöſen Theile auszuführen. Völlig negativ fielen dagegen die entſprechenden Verſuchsergebniſſe bei den Spongien aus; bei dieſen Thieren ließen uns ſelbſt die feinſten anatomiſchen Meſſer, als welche *Claude Bernard* die Gifte definiren konnte, vollkommen im Stiche, und ſelbſt bei Formen, wie Tethya, deren Oscula ſich beim Verlaſſen des Waſſers ſofort

ſchließen, gelang es mir nicht, die Elaſticitäts- und Contractilitätswirkungen einzeln ſichtbar und unterſcheidbar zu machen. Dieſe Thatſachen beſtimmen uns ebenſo wie die erwieſene Irritabilität eines jeden contractilen Gewebes, die oben erörterte Meinung *Gegenbaur*'s von einer unabänderlichen Verknüpfung von Nerv und Muskel als unzeitgemäß zu verwerfen und die Annahme *F. E. Schulze*'s[10]) von nervenloſen contractilen Faſern bei den Spongien wenigſtens als höchſt wahrſcheinlich zuzulaſſen.

Unſere ſpecielle Aufgabe ſehen wir darin, an den contractilen Geweben die zwiſchen den chemiſchen, den phyſikaliſchen, den hiſtiologiſchen und vitalen (d. h. den Contractilitäts-) Erſcheinungen beſtehenden Wechſelbeziehungen klarzulegen. Der Löſung dieſer Aufgabe ſtellen ſich gegenwärtig noch mannigfache Schwierigkeiten in den Weg; die umfangreiche, einſchlägige Literatur bietet uns nur wenig Verwerthbares und das Wenige von Unrath überwuchert. Würden wir zur Löſung unſerer Aufgabe den naturgemäßen Weg einſchlagen, mit unſeren Betrachtungen bei dem formveränderlichen Protoplasma beginnen und uns darauf erſt zu den differenzirteren Gebilden, den Muskeln wenden, dann würde unſer ganzes Unternehmen an dem dürftigen Materiale ſicherlich ſehr bald Schiffbruch erleiden und vollkommen zu Waſſer werden. Aber Dank den Arbeiten der letzten Jahre iſt uns ein Einblick in den chemiſchen Bau und in die Leiſtungsfähigkeit wenigſtens bei einigen Muskelarten gewährt: Errungenſchaften ſind zu verzeichnen geweſen, welche als ein geſicherter Beſitz der Wiſſenſchaft zu betrachten ſind und auf welchem wir zuverſichtlich weiter bauen dürfen. Ein vergleichend phyſiologiſcher Zuſammenhalt des an Thatſachen Erworbenen kann ſich allein aus einer Aneinanderreihung der Thatſachen ſelbſt ergeben, und ſo wird unſere erſte Aufgabe nur darin zu ſuchen ſein, die vergleichend phyſiologiſch verwerthbaren Daten auf Grund der, wenn auch nur an wenigen Muskelarten klargeſtellten Verhältniſſe als ſolche zu erkennen und

zu würdigen lernen; erſt eine zweite Aufgabe wird für uns darin beſtehen, das durch Beobachtung Erworbene unter einheitliche Geſichtspunkte, unter Geſetze zu bringen. Dieſen Principien gemäß betrachten wir zunächſt die chemiſchen, die phyſikaliſchen und die hiſtiologiſchen Eigenſchaften der einzelnen Muskelarten, ſchließen hieran eine vergleichende Betrachtung der Muskelphyſiologie und tragen dieſer ſchließlich noch die wenigen vergleichend phyſiologiſch verwerthbaren Thatſachen nach, welche an den formveränderlichen Protoplasmamaſſen erſchloſſen ſind.

An dem Aufbau des Muskelgewebes betheiligen ſich von organiſchen Stoffen nachgewieſenermaßen folgende:

1. Eiweißſubſtanzen (Myoſin, Musculin, Kalialbuminat, Serumalbumin etc.).
2. Stickſtofffreie Säuren (Fleiſch- und Gährungsmilchſäure).
3. Enzyme (Pepſin, Diaſtaſe).
4. Kohlehydrate (Glykogen, Erythrodextrin, Fleiſchzucker, Inoſit, Scyllit).
5. Fette.
6. Chromogene und Farbſtoffe (Hämoglobin, Lipochrome, Uranidin der Inſectenflugmuskeln).
7. Säureamide und Amidoſäuren (Harnſtoff, Harnſäure, Kreatin, Kreatinin, Taurin, Glykocoll, Körper aus der Xanthingruppe [Xanthin, Carnin, Hypoxanthin], Inoſinſäure, Protſäure)

und außerdem noch anorganiſche Salze (ſog. Aſchenbeſtandtheile), Waſſer und Gaſe (Sauerſtoff, Kohlenſäure).

Eiweißſtoffe.

Unter Einhaltung gewiſſer Vorſichtsmaßregeln, vor allen einer Temperatur von etwa -7^{0} *C.* gewann *Kühne* aus blutfreien Froſchmuskeln eine deutlich alkaliſche Flüſſigkeit: das Muskelplasma, welches ähnlich wie das Plasma des Blutes bei Zimmertemperatur gerann[11]). Die Gerinnung des Muskelplasmas beruht auf der Um-

wandlung einer myoſinogenen Subſtanz in Myoſin und erfolgt in gleicher Weiſe beim Eintropfen eines mit 10 %iger Kochſalzlöſung bereiteten Fleiſchauszuges in deſtillirtes Waſſer oder beim Sättigen desſelben mit feſtem Kochſalz. Während *Kühne* das Myoſin dem Fibrin an die Seite ſtellt, zählt es *Hoppe-Seyler* zu den Globulinen; ſeitdem jedoch, in Beſtätigung früherer Angaben von *Kühne*, *Kuegler* und *Klemptner* nachgewieſen haben, daß die bei der Todtenſtarre der Muskeln eintretende Myoſingerinnung ein enzymatiſcher Vorgang iſt, läßt ſich *Hoppe-Seyler*'s Auffaſſung nicht mehr aufrecht erhalten.

Das Myoſin oder, richtiger geſagt, die myoſinogene Subſtanz fand ſich bei allen daraufhin geprüften quergeſtreiften Muskeln vor und muß als alleinige Urſache der ſichtbaren Doppelbrechung derſelben angeſprochen werden. *Brücke*'s sarcous elements ſind demnach ein Beſtandtheil des Muskelplasmas und mit dem Myoſin identiſch. Ebenſo bedingt das Myoſin die ſog. Waſſerſtarre, jene Summe von Veränderungen, welche eintreten, wenn das Muskelgewebe mit deſtillirtem Waſſer in unmittelbare Berührung gelangt, und in erſter Stelle auch die ſpontane oder Zeitſtarre, welcher ſämmtliche muskulöſen Gebilde (die quergeſtreiften wie die glatten, der Wirbelthiere wie der Wirbelloſen) beim Abſterben unterworfen ſind. Das Myoſin iſt aber weder in ſeinem Vorkommen auf die contractilen Gewebe beſchränkt, noch ſtimmt (wie die von *Danilewsky* angegebenen Unterſchiede beim Sättigen der Myoſine verſchiedener Thiere mit Säuren und ihre differente Löslichkeit in Kochſalzlöſungen, die von *O. Naſſe* gefundene ungleiche Schwächung der Aniſotropie bei Muskeln verſchiedener Thiere nach Behandlung mit verſchiedenen Neutralſalzen lehren) das Myoſin aller Vorkommniſſe in den Eigenſchaften vollkommen überein. So fand *Bruns* Myoſin in der Cornea und bezeichnete als deſſen Sitz die contractilen Hornhautkörperchen, *Schweigger-Seydel* ſtellte es durch Maceration mit 10 %iger Kochſalzlöſung aus der Cornea und den Sehnen

von Warm- wie Kaltblütern dar und hielt es für beſchränkt auf die interfibrilläre Subſtanz; *Heynſius* fand eine Subſtanz mit ähnlichen Reactionen in den Blutkörperchen. Doch ſcheint die Todtenſtarre, welche auch einige contractionsloſe Zellen, ſpeciell die der Leber, befällt, nach *Kühne*'s Angaben[12]) eher auf Kalialbuminat als auf Myoſin zu beruhen. Aus dem elektriſchen Organe von Torpedo war kein Myoſin zu gewinnen.

In Hinſicht auf die Verſchiedenartigkeit der myoſinogenen Subſtanz verſchiedenen Vorkommens macht *Nalle* auf die Temperaturdifferenzen bei der Wärmeſtarre aufmerkſam, welche *Kühne* an Wirbelthiermuskeln beobachtet hat. Dieſe Differenzen bewegen ſich zwiſchen 45° und 50° *C.* und ſind deshalb wohl ſchwerlich auf das erſt bei ca. 55° *C.* gerinnende Myoſin, ſondern nur auf das ſogleich zu beſprechende Musculin zu beziehen, deſſen Coagulationspunkt zwiſchen 45° und 49° *C.* ſchwankt. Erinnere ich mich ferner meiner Verſuche, bei welchen Muskelfaſern vom Krebs, Kaninchen, Lachs und Froſch mit reinſtem Glycerin allmählig erwärmt wurden und die Doppelbrechung der Species entſprechend zu ſehr verſchiedenen Zeiten ſchwand oder wenigſtens ſtark geſchwächt erſchien, ſo muß mir ſelbſt die von *Nalle* zugelaſſene Möglichkeit: «daß das Myoſineiweiß überall das gleiche und nur die mit ihm verbundenen anorganiſchen Beſtandtheile, die nach den Unterſuchungen von *Danilewsky* gerade im Myoſinmolekül von Wichtigkeit zu ſein ſcheinen, verſchieden ſind», zweifelhaft werden. Einfache Beimengungen, bei Darſtellung der Löſungen vielleicht ganz zufällig entſtandene Salzverbindungen des Myoſins, texturelle Verſchiedenheiten des Muskelgewebes können meines Erachtens die an Muskeln verſchiedener Thiere beobachteten Differenzen betreffs der Schwächung der Aniſotropie durch geſättigte Neutralſalzlöſungen resp. des Ueberganges der myoſinogenen Materie aus den Geweben in Kochſalzlöſung vollauf erklären.

Durch Ausziehen der Gewebe mit einer 10%igen Kochſalz

löſung und Fällen dieſer Löſung durch deſtillirtes Waſſer wie durch Sättigen mit Kochſalz conſtatirte ich die Anweſenheit des Myoſins in den Muskeln von Homarus vulgaris, von Eledone moschata, in den Schließmuskeln von Spondylus gaederopus und Mytilus gallo-provincialis. Aus einigen Schwämmen (Chondrosia reniformis, Tethya Lyncureum, Suberites massa), aus den Hautmuskeln von Thyone fusus und den Schließmuskeln von Pectunculus pilosus war nach dem angegebenen Verfahren kein Myoſingerinnſel abzuſcheiden. *Reinke* und *Rodewald* führen als eiweißartigen Beſtandtheil von Aethalium septicum neben Vitellin und Plaſtin zwar auch das Myoſin auf, meine negativen Verſuchsergebniſſe an den Spongien und der Umſtand, daß die Todtenſtarre beim neugeborenen Menſchen ſchwach und kurz iſt, beim Embryo vor dem ſiebenten Monate ganz fehlt (*Melde*), ſcheinen indeß dafür zu ſprechen, daß bei den auf niedrigſter Stufe der Organiſation ſtehenden Wirbelloſen das Myoſin fehlt und hier vielleicht durch ein dem Vitellin ähnliches Proteïd vertreten wird. Als einen ſicheren Gewinn der Forſchung dürfen wir trotz alledem die bereits von *Kühne*[13]) hervorgehobene Thatſache betrachten, daß außer den contractilen Subſtanzen keine natürlich vorkommende Eiweißlöſungen, die zwiſchen 35° *C.* und 50° *C.* gerinnen, bekannt geworden ſind; auch die Coagulationsbeſtimmungen, welche ich an den lymphatiſchen Flüſſigkeiten zahlreicher Arthropoden, Mollusken- und Würmerſpecies ausführte[14]), veränderten an dieſem Satze nichts.

Die Flüſſigkeit, welche nach der Gerinnung des Myoſins zurückbleibt, iſt das Muskelſerum; ſie reagirt anfangs neutral, wird aber ſchnell ſauer und enthält nach *Kühne* drei unterſcheidbare Eiweißkörper. Erſtens das Musculin oder Muskelalbumin, welches unabhängig von der Reaction der Flüſſigkeit, je nach der Thierſpecies bei 45° *C.* (Froſch), bei 49° *C.* (Kaninchen), bei 50° *C.* (Hund) oder bei 53° *C.* (Taube) gerinnt, ohne Beimiſchung anderer

Eiweißkörper aus dem Muskelſerum aber nur dann erhalten wird, wenn man die bei der zunehmenden Erwärmung entſtehende Säure fortwährend neutraliſirt. Zweitens fehlt in keinem Muskelſerum das Kalialbuminat, welches nach Entfernung des Musculins durch ſchwaches Anſäuern mit Eſſigſäure erkannt werden kann. Der dritte Eiweißkörper endlich, welcher in dem angeſäuerten Muskelſerum nach vollſtändiger Ausfällung des Kalialbuminates in ſehr bedeutender Menge zurückbleibt, iſt das Serumeiweiß; dasſelbe coagulirt in ſaurer Löſung erſt bei 70°—75° *C.* und iſt von dem Serumeiweiß des Blutes nicht zu unterſcheiden. Dieſe Verhältniſſe ſcheinen in der Thierreihe keine weſentliche Abweichungen zu erfahren; denn auch in den wäſſrigen Auszügen ſämmtlicher bislang unterſuchter Amorphozoen, aller contractilen Gewebe von Cölenteraten, Echinodermen, Arthropoden, Mollusken und Würmern, ja ſelbſt in dem Auszuge des electriſchen Organes von Torpedo ſtellte ſich ſowohl eine Gerinnung gegen 40° *C.* resp. zu Anfang der vierziger Grade ein, welche auf einen dem Musculin oder (in ſolchen Fällen, wo dieſelbe nach eingetretener poſtmortalen Säuerung ausbleibt, wie z. B. beim Schließmuskel von Anodonta) auf einen dem Kalialbuminat der Wirbelthiere entſprechenden Eiweißſtoff zu ſchließen geſtattet, noch fehlte in ſämmtlichen angeführten Fällen die auf Serumalbumin zu beziehende Gerinnung in den ſiebenziger Graden; worauf zwar die immerhin geringen Temperaturſchwankungen beim Eintreten der erſten Coagulation beruhen, welche bereits *Kühne* bei Unterſuchung des formveränderlichen Protoplasmas aufgefallen waren, wird ſchwer zu eruiren ſein. Sollten weitere Erfahrungen lehren, daß die bei Beſprechung des Myoſins von uns angeführten Momente zur Erklärung des Beobachteten nicht ausreichen, ſo würde noch immer eher als an verſchiedene Verbindungen des Musculins mit Mineralbeſtandtheilen an ſolche mit dem Myoſin zu denken ſein; machte doch ſchon 1857 *Cl. Bernard*[15]) — um die Thatſache zu erklären, daß Eier-

albumin oder Blutſerum von derſelben Thierart in die Venen geſpritzt, den Harn nur eiweißhaltig werden läßt, was bei Injection von Blut derſelben Thierart nicht eintritt, — die Vorausſetzung, daß das Serumalbumin mit dem Fibrinogen im Blutplasma verbunden iſt.

Säuerung der Muskeln.

Je nach dem Grade der Erwärmung und nach der dabei eingetretenen Säuerung[16]) kann es ſich bei der Wärmeſtarre des Muskels nur um coagulirtes Musculin und Myoſin oder zugleich auch um unlöslich gewordenes Kalialbuminat und geronnenes Serumeiweiß handeln. Die ſpontan eintretende Starre beruht dagegen nur auf einer Myoſingerinnung und auf einem (in Folge eintretender Säurebildung) Unlöslichwerden des Kalialbuminates; wie *Kühne* zeigte, wird aber der todtenſtarre Muskel durch Lockerung des Myoſingerinnſels (in Folge der im Muskel ſelbſt ſich entwickelnden Milchſäure) ſchon eher wieder weicher, als es zur löſenden Fäulniß kommt.

Friſche ruhende oder geruhte Muskeln zeigten bei allen Thieren eine alkaliſche oder neutrale Reaction; nur die ſtändig functionirenden Herzmuskeln und die anhaltend contrahirten Schließmuskeln der Bivalven ließen keine Prüfung der Reaction im Ruhezuſtande zu. Bei den quergeſtreiften Muskeln der Wirbelthiere und nachgewieſenermaaßen auch bei den quergeſtreiften Muskeln der Krebſe *(Fredericq)* und den glatten der Mollusken *(Bernſtein, Voit)* ſchlägt aber die Reaction beim Eintritt der Todtenſtarre wie nach ſtärkerer Thätigkeit in eine ſaure um, und dieſe Säuerung rührt, wie *du Bois-Reymond* nachwies, nicht ausſchließlich von ſaurem Kaliumphosphat, ſondern von freier Säure her, welche zum Theil Milchſäure iſt, zum Theil durch dieſe aus einem Gemiſche von Salzen verſchiedener Säuren abgeſpalten wurde. An den glatten Wirbelthiermuskeln und den electriſchen Organen bleibt die Säuerung beim Abſterben wie nach anhaltender Thätigkeit gewöhnlich aus[17]), indem die frei werdende Säure vermuthlich durch die Alkali-

albuminate ſofort gebunden oder anderweitig in Beſchlag genommen wird.

Sowohl die Gährungs- wie die Fleiſchmilchſäure iſt in Muskeln nachgewieſen, die Herkunft dieſer Säuren blieb jedoch unklar. Einzelne Thatſachen (wie z. B. das Ausbleiben der Säuerung an Muskeln gehungerter Thiere, der conſtant beträchtlichere Säuregrad der glykogenreichen Rückenmuskeln gegenüber dem geringeren der Schenkelmuskeln beim Kaninchen) ſchienen anzudeuten, daß die Milchſäure aus den Kohlehydraten des Muskels hervorgehe; *Böhm* führte indeß den Nachweis, daß Milchſäure ſich zu bilden vermag, ohne daß die Glykogenmenge des Muskels ſich vermindert, und damit iſt bewieſen, daß das Glykogen nicht die Mutterſubſtanz der Milchſäure iſt. *Böhm* glaubt, daß die Milchſäure aus Eiweiß entſteht, und zur Stütze dieſer Anſicht macht *Naſſe*[18]) gewiß mit Recht geltend, daß bei der acuten Phosphorvergiftung das Auftreten der Fleiſchmilchſäure im Harne ebenfalls an einen mächtigen Eiweißzerfall geknüpft iſt. So erklärt denn die Milchſäurebildung nicht nur die Ausſcheidung des Kalialbuminates bei der Todtenſtarre, die merkwürdigen Fälle ihres plötzlichen Eintretens (z. B. an Choleraleichen, an Gefallenen auf dem Schlachtfelde und an mehreren kleinen Seefiſchen [Julis, Labrus etc.]) und die Löſung derſelben in einem ſpäteren Stadium, ſondern der Connex zwiſchen Säuerung und Muskeleiweiß ſcheint dadurch noch ein weit innigerer zu ſein, daß die Milchſäure aus dem Eiweiß überhaupt erſt hervorgeht.

Nicht weniger durchſichtig, als gegenwärtig die Betheiligung der einzelnen eiweißartigen Beſtandtheile des Muskelgewebes bei der Bildung der Milchſäure für uns iſt, geſtaltet ſich unſer Wiſſen, wenn es gilt, jedem einzelnen Eiweißſtoffe des Muskels resp. der Milchſäurebildung die richtige Stelle bei gewiſſen pathologiſchen Proceſſen, welche die Muskelfaſern ergreifen, anzuweiſen. Gerade bei Erkrankungen der Muskeln z. B. ſagt *Cohnheim*[17]), iſt es ſehr ver-

führeriſch, an gewiſſe chemiſche Veränderungen der contractilen Subſtanz, vielleicht an beginnende Gerinnungen zu denken»; aber ſelbſt bei der parenchymatöſen Muskeldegeneration iſt die Gerinnung eines ſonſt flüſſigen normalen oder irgendwie modificirten Eiweißkörpers, und bei der wachſigen Muskeldegeneration die ungeordnete Erſtarrung von Muskelfaſern, die aus irgend einem Grunde ſchon während des Lebens abgeſtorben waren, noch nicht über den Werth einer Hypotheſe hinaus gelangt. Bei einer Erklärung dieſer Veränderungen muß es ſogar noch zweifelhaft gelaſſen werden, wieviel davon der Temperaturerhöhung als ſolcher, wieviel den jeweiligen Krankheitsurſachen zugeſchrieben werden muß, und bei der ausgeſprochenen Muskelſchwäche, der verringerten Leiſtungsfähigkeit der Muskeln, welche ſich bei jedem ſchweren Fieber einſtellen, fehlt auch noch jedwede Entſcheidung, wieviel davon auf ein abnormes Verhalten der centralen oder peripheren Innervation zu beziehen iſt.

Genügt es ſchon, das Elaſtin und Collagen als Muskelbeſtandtheile einfach anzuführen und deren Betheiligung am Aufbau der contractilen Subſtanz als fraglich hinzuſtellen, ſo können wir die Eiweißkörper des Muskelgewebes doch nicht verlaſſen, ohne etwas ausführlicher des ſog. Bündelgerüſtes von *Danilewsky*[20]) gedacht zu haben, welches ſowohl als künſtliches Zerſetzungsproduct wie auch unter gewiſſen Umſtänden intra vitam Myoſin liefern ſoll. Als Bündelgerüſt bezeichnet *Danilewsky* den Muskelrückſtand, welcher nach Extraction von Myoſin, anderen Eiweißſtoffen, Salzen und Kohlehydraten durch Behandlung der Muskeln mit 8—15%iger Salmiaklöſung zurückbleibt. Das Bündelgerüſt, welches man ſich in einem feſtweichen Zuſtande zu denken hat, beſitzt alle morphologiſchen Haupteigenthümlichkeiten der normalen Muskelbündel, läßt insbeſondere auch die Querſtreifung deutlich erkennen und ſtellt alſo das Gerüſt oder Stroma des Muskels dar. Wurde unter den nöthigen Vorſichtsmaßregeln in dem Salmiakauszuge das

Myoſin (M) dem Gewichte nach beſtimmt und ebenſo das Trockengewicht des Bündelgerüſtes (B), das freilich auch bei der ſorgfältigſten Präparation Bindegewebe, Gefäße und Nerven miteinſchließen muß, ſo fand ſich das Verhältniß M : B bei verſchiedenen Thieren und bei verſchiedenen Muskelgruppen desſelben Thieres ſehr verſchieden. So kommen beim Froſch auf 1 M 0.81 B, bei der Taube (Bruſtmuskel) dagegen 5 B. Faſt ebenſo groß können die Differenzen bei den Muskeln desſelben Thieres ſein: die Schenkelmuskeln der Tauben enthalten auf 1 M nur 1.22 B, die Bruſtmuskeln dagegen, wie bereits angegeben, ungefähr 5 B. Aber nicht bei allen Thierarten ſind die Unterſchiede ſo bedeutend, viel geringer ſind dieſelben z. B. beim Kaninchen. Werden ſowohl die verſchiedenen Thiere nach der freilich nur auf erfahrungsmäßigen Schätzungen beruhenden Lebhaftigkeit ihrer Bewegungen als auch die einzelnen Muskeln derſelben Thierart nach ihrer genau gemeſſenen Contractionsgeſchwindigkeit gruppirt, ſo ergiebt ſich im Allgemeinen ein Zuſammenhang zwiſchen Bewegungsſchnelligkeit und Zuſammenſetzung der Muskeln, welchen *Danilewsky* dahin ausdrückt: «daß, je ſchneller die Contractionen und Erſchlaffungen der Muskeln ausgeführt werden, deſto reicher die letzteren an Gerüſtſubſtanzen im Verhältniß zum Myoſin ſind.»

Iſt, wie weit wir auch hinſichtlich der Eiweißſtoffe der Muskeln unſere Blicke ſchweifen ließen, die Ausbeute an vergleichend-phyſiologiſch verwerthbarem Material eine immerhin nur ſehr geringe, ſo nehmen wir als Erwerb doch die Ueberzeugungen mit uns, daß 1. ſämmtliche contractilen Gebilde durch den Gehalt an Eiweißkörpern (Musculin reſp. Kalialbuminat) charakteriſirt ſind, welche bei einer ſo niedrigen Temperatur wie kein einziger irgend eines andern thieriſchen Gewebes gerinnen, daß 2. nicht weniger conſtant ſich daneben Serumeiweiß findet, daß 3. bei anhaltender Contraction wie beim Abſterben des Muskels ein Theil des Eiweißes in Milchſäure übergeht, und daß endlich

4. die Muskeln aller Vertebraten, vielleicht ſogar auch die der meiſten höher organiſirten Wirbelloſen Myoſin enthalten.

Enzyme. In zahlreichen extrainteſtinalen Säften und Geweben hat *Kühne* Pepſin wie Diaſtaſe nachgewieſen[21]), das Vorkommen von Trypſin, welches unter die Haut lebender Thiere gebracht, die entſetzlichſten Zerſtörungen erzeugt, blieb dagegen bei Wirbelthieren ausſchließlich auf Pankreas und Darminhalt beſchränkt, und auch das anſcheinende Auftreten desſelben in der Darmſchleimhaut (nach den Verſuchen an der *Thiry*'ſchen Fiſtel) ließ ſich auf bloße Verunreinigungen der Darmoberfläche mit Pankreasſaft zurückführen. Die Angaben von *Hüfner* und *Stolnikow*, daß in normalen oder pathologiſch veränderten Lungen Trypſin als präformirtes Product vorkomme, ſind durch die Unterſuchungen von *Kühne* und *Eſcherich* als irrig widerlegt. Im Anſchluß an eine Arbeit von *Filehne* lieferte *Eſcherich* den Nachweis, daß das im Auswurf bei Lungengangrän, (wenn auch in viel geringerer Menge) im Cavernenſputum der Phthiſiker und in ſehr vorgeſchrittenen Fällen von Bronchiektaſie auftretende tryptiſche Enzym ein Fäulnißproduct, höchſt wahrſcheinlich ein Secretſtoff gewiſſer Bacterienformen iſt, deren Entwicklung zugleich das normal vorhandene Lungenpepſin mehr oder weniger vernichtet. Daß der Muskel Pepſin enthalte, lehrte ſchon vor vielen Jahren *Brücke*, und *Piotrowsky* ſtellte aus Fleiſch zuerſt ein zuckerbildendes Enzym dar. Ueber den Urſprung dieſer Muskelenzyme äußerte ſich *Kühne* neuerdings nicht wieder, *Brücke*[22]) findet dagegen in dem Pepſingehalte des Muskels noch immer einen Beweis dafür, daß das Pepſin vom Darmrohre aus reſorbirt und durch das kreiſende Blut den verſchiedenſten Organen des Körpers (Milz, Leber, Muskeln u. ſ. w.) zugeführt wird. Neuere Erfahrungen und Ueberlegungen weiſen aber vielmehr darauf hin, daß die *Brücke*'ſchen Vorſtellungen falſch ſind, und daß die in den extrainteſtinalen Organen anzutreffenden Enzyme nicht vom Darmtractus aus reſorbirt, ſondern in den Geweben an Ort und Stelle gebildet ſind.

Neben Pepſin findet ſich in manchen Organen Diaſtaſe, und die gewiß ſehr merkwürdige Erſcheinung, daß nirgendwo außerhalb des Verdauungstractus Trypſin anzutreffen iſt, läßt ſich daher nicht einfach mit dem Satze abthun, daß das Pepſin (wegen ſeiner Unverdaulichkeit für Trypſin) als kein Körper von reiner Eiweißnatur dem Trypſin unvergleichbar ſei. Müßte es doch in hohem Grade auffallen, wenn das Pepſin —, welches durch niedere Organismen, alſo durch vitale Zellenthätigkeiten, ebenſo raſch zerſtört wird als Trypſin, ja ſich von dieſem noch in der für einen Transport durch das alkaliſche Blut ſehr unvortheilhaften Weiſe dadurch unterſcheidet, daß es in alkaliſchen Flüſſigkeiten bei Körpertemperatur verhältnißmäßig leicht ſeine peptoniſirende Wirkung einbüßt, — den reſorbirenden Darmepithelbelag ungefährdet paſſiren, durch das alkaliſche Blut unzerſetzt in die Tiefen der Gewebe transportirt werden könnte, während das Trypſin den vitalen Einflüſſen der Darmepithelien doch ſehr bald erliegt!

Durch meine Unterſuchungen über die Verbreitung der peptiſchen Enzyme[23]), welche *de Bary*, *Hanſen*, *Külz*, *Rodewald* u. A. nur beſtätigen konnten, iſt bewieſen, daß Pepſin auch in ſolchen Organen, ja bei ſolchen Organismen ſelbſtſtändig gebildet wird, in denen es durchaus functionslos bleiben muß; die gegen dieſe Schlußfolgerung von *Naſſe*[24]) erhobenen Einwände werden dadurch entkräftet, daß Pepſin in Kohlenſäure geſättigten, an ſich neutralen Flüſſigkeiten niemals ſeine peptoniſirende Eigenſchaft erlangt, und fernerhin noch kein Beobachter auch nur die Andeutung einer ſauren Reaction bei Aethalium zu ſehen vermocht hat. Was in dieſer Hinſicht für's Pepſin gilt, gilt in gleicher Art für die diaſtatiſchen Enzyme gewiſſer Vorkommniſſe und nach *Hanſen*'s Unterſuchungen[25]) auch für ein, mehr gleichmäßig tryptiſch und peptiſch wirkendes Enzym in den pflanzlichen Milchſäften; die Enzyme bleiben an allen dieſen Plätzen völlig functionslos. Daß Enzyme reſorbirt, durch die Gewebsſäfte transportirt und ſchließlich in

gewiſſen Zellenterritorien deponirt werden, ſind unerwieſene, aus der Luft gegriffene Annahmen, während die Auffaſſung von der Autochthonie der Enzyme in den extrainteſtinalen Organen einen feſten Halt in jeder vergleichend-phyſiologiſchen Betrachtung findet.

Glykogen. *Claude Bernard*[26]) hat in der ihm eigenen geiſtvollen Weiſe wiederholt entwickelt, wie der Stapelplatz für das Glykogen im Laufe der Entwicklung mehrfach verlegt wird; wie bei den Auſterlarven das vergängliche Segel die Glykogenkammer darſtellt, bei ſeinem Schwinden das Glykogen —, ganz analog den Pflanzenblättern, aus welchen bei ihrem Hinwelken die Phosphate in den überwinternden Stammtheil zurückkehren, oder welche nach *Sachs'* wichtigen Unterſuchungen jede Nacht entamyliſirt werden, — aus dem Segel zurückgezogen wird, und ſich dann die Glykogenreſerve in der Leber wie in anderen Dauergeweben etablirt; wie beim Kaninchen die Glykogeneſe in der Placenta, bei den Wiederkäuern im Amnion beginnt, ſpäter dann das Muskelgewebe reichliche Mengen von Glykogen in ſich aufſpeichert und beim ausgewachſenen Thiere die Leber den größten Glykogenvorrath beherbergt; wie das Glykogen beim Hühnchen ſchon in der Keimanlage (cicatricula) im freien Zuſtande und in Zellen eingeſchloſſen erkennbar iſt, ſich darauf, den Venen folgend, in der Area vasculosa anhäuft, am achten Tage ſich richtige Glykogenzotten an den Venae omphalo-meseraicae bilden, ſpäter das Glykogen in den Herzmuskeln, dann auch in den Epithelialgeweben erſcheint und ſchließlich ſich Verhältniſſe herausbilden, welche denen der Säugethiere vollkommen entſprechen. Nachdrücklich wurde von *Cl. Bernard* auch wiederholt hervorgehoben, daß das in den thieriſchen Geweben anzutreffende Glykogen kein dem Organismus fremdes, kein von außen zugeführtes Product, ſondern ſein eigenes Fabrikat iſt, und man darf unſeren heutigen Erfahrungen nach gewiß noch weiter gehen und ſagen, daß daſſelbe (analog den Enzymen) in allen glykogenführenden Geweben in situ entſtanden iſt; ſpeciell für die

Muskeln hat *Külz*[27]) dieſe Annahme durch Traubenzuckerinjectionen an entleberten Fröſchen wahrſcheinlich zu machen gewußt.

Das Glykogen wurde ſowohl in den quergeſtreiften wie in den blaſſen Muskeln bei Thieren aus allen Claſſen — nur für die Cölenteraten fehlen noch poſitive Angaben — aufgefunden, und auch ſein Vorkommen in Aethalium septicum kennen wir durch *Kühne*[28]) ſeit lange. *Naſſe*[29]) betrachtet es als einen beſtändigen Muskelbeſtandtheil, doch nicht als einen «weſentlichen Muskelſtoff erſter Ordnung», deſſen Menge im Allgemeinen im umgekehrten Verhältniſſe zur Thätigkeit des Muskels ſteht. «Der größere Glykogengehalt derjenigen Muskeln, welche durch Nervendurchſchneidung, künſtliche Behinderung, natürliche Bedingungen der Organiſation in ihrer Function geſtört ſind, anderſeits die Verminderung des Glykogengehaltes durch Tetaniſirung und Inanition, bei welcher es parallel der Leiſtungsfähigkeit ſchwindet, alle dieſe Thatſachen ſprechen entſchieden für die *Naſſe*'ſche Lehre.» Ein raſcher vitaler Verbrauch des Glykogens wird beſonders augenfällig, wenn man Meerestbiere in dem Zuſtande unterſucht, in welchem ſie auf den Markt zu kommen pflegen; bei dieſen vermochte ich höchſtens nur Spuren von Glykogen nachzuweiſen und mußte deshalb auch die meiſt nur indirecten, jetzt als ganz ungeeignet erkannten Glykogenbeſtimmungen *Bizio*'s an nicht lebensfriſcherem Materiale als unzuverläſſige verwerfen[30]). Weitere unrichtige Angaben haben den Glykogengehalt der Muskeln von Thieren aus anderen Claſſen bedeutender und conſtanter erſcheinen laſſen, als derſelbe thatſächlich iſt. So ſollte z. B. der eigenartige Geſchmack des Hummer- und Krebsfleiſches lediglich auf Glykogen beruhen, aber gerade an Hummermuskeln fällt ohne beſondere Schonung des Verſuchsthieres der Glykogennachweis nur ſelten poſitiv[31]) aus. Jedenfalls iſt das embryonale Muskelgewebe, in welchem durch *Cl. Bernard*'s und *Külne*'s gemeinſame Arbeiten das Glykogen aufgefunden wurde, allemal weit reicher an dieſem Stoffe

als das entwickelte, aus welchem es unter anormalen Bedingungen ſelbſtverſtändlich auch viel leichter als aus den embryonalen Muskeln verſchwindet. Hinſichtlich des Glykogens bieten die embryonalen und die ausgebildeten Muskeln aber nicht nur quantitative Unterſchiede dar, ſondern auch in der Art der Ablagerung, welche uns einen Einblick in die phyſiologiſche Bedeutung des Glykogens eröffnet, beſtehen Differenzen.

Bei fötalen Muskelfaſern der Katze ſah *Cl. Bernard* die Glykogenkörnchen in dichter Anhäufung zwiſchen den ſehr regelmäßig angeordneten Kernen liegen; in einem ſpäteren Stadium, als die Faſern eine deutliche Querſtreifung angenommen hatten und die Kerne weiter auseinander gerückt waren, zeigte ſich von den Glykogenkörnern nichts mehr, ſondern nur noch gelöſtes Glykogen, welches ſchließlich ebenfalls verſchwand. In der fertigen Muskelfaſer dagegen, und zwar in der protoplasmatiſchen Markſubſtanz eingebettet, traf *Schwalbe*[32]) das Glykogen nur bei Hirudo an, und *Naſſe* glaubt, daß die fibrilläre Subſtanz der quergeſtreiften wie glatten Muskeln überhaupt kein Glykogen führt. Dieſer Auffaſſung entſprechen ſowohl die Beobachtungen von *Ehrlich*[33]), welcher in Froſchmuskeln das Glykogen interfibrillär, in Form feiner, längs verlaufender Streifen abgelagert fand, als auch die Angaben von *Barfurth*[34]), denen gemäß in dem glykogenreichen Fuße von Helix pomatia die Muskelfaſern ſelber nur wenig Glykogen enthalten, dagegen die zwiſchen den contractilen Faſern liegenden Bindegewebszellen (Plasmazellen und Bindeſubſtanzzellen *Brock*'s) dasſelbe in ungeheurer Menge aufſtapeln. «Es dürfte ſomit», ſchließt auch *Ehrlich*[35]) aus ſeinen Befunden, «wohl ein allgemeines Geſetz ſein, daß in allen einer Bewegung fähigen Elementen das Glykogen oder analoge Reſerveſtoffe nicht in, ſondern um das ſpecifiſch Contractile gelagert ſind.»

Ein ausgedehnteres vergleichend phyſiologiſches Intereſſe gewinnt der Glykogengehalt der Muskeln dadurch, daß derſelbe ſich

bei ungleich functionirenden Muskeln eines Thieres quantitativ verſchieden geſtaltet. Bei unſeren weiteren Betrachtungen werden wir wiederholt darauf hingewieſen werden, daß in vielen Fällen eine Beziehung zwiſchen der durch Hämoglobin verurſachten Färbung des Muskels, ſeiner Function und Textur nicht zu verkennen iſt; dem Folgenden in manchen Punkten vorgreifend, müſſen wir ſchon an dieſer Stelle einiger Eigenthümlichkeiten der ſog. rothen und blaſſen Muskeln[36]) gedenken.

Die durch ihre rothe Färbung ſofort in die Augen fallenden Muskelgruppen, welche bei Knochenfiſchen längs der Seitenlinien verlaufen, veranlaßten die Anatomen, dieſelben ebenſo wie die ähnlich gelagerten rothen Muskeln der Rochen als Reſte der Hautmuskulatur, gewiſſermaßen als rudimentäre Organe zu betrachten. Auf Grund vieler ſchöner Beobachtungen an der Rochen- und Kaninchenmuskulatur ſchloß dagegen *Ranvier* auf ein durchgängiges Abhängigkeitsverhältniß zwiſchen Hämoglobingehalt, Textur und Function bei den quergeſtreiften Wirbelthiermuskeln, und trotzdem *E. Meyer* zeigte, daß auch bei dieſen die Coïncidenz in Textur und Farbe keine durchgreifende iſt, hat *Ranvier* ſeine Auffaſſung doch nicht wieder aufgegeben. *Kühne* hatte dem Hämoglobin nur eine, vielleicht nicht unwichtige Rolle bei den Oxydationsproceſſen in der contractilen Subſtanz zugeſtanden; *Ranvier* war jetzt der Meinung, die beiden Arten der quergeſtreiften Muskeln bei Säugethieren und Rochen möchten eine von einander verſchiedene Beſtimmung haben, die blaſſen mit ihrer plötzlichen Contraction würden wohl vorzüglich Muskeln der Thätigkeit ſein, die rothen mit ihrer langſameren und beharrenden Contraction dienten dagegen zur Erhaltung und Regulirung des Gleichgewichtes. Zu einer weſentlich anderen, aber nicht weniger als 20 Jahre vor ihm von *Schloßberger*[37]) entwickelten Auffaſſung gelangte *E. Meyer*. Dieſer Forſcher fand, daß z. B. beim Kaninchen die rothen musc. masseter und flexor digitorum comm. dem hiſtiologiſchen Baue

nach nicht, wie zu erwarten gewesen wäre, dem von *Ranvier* als Prototyp der rothen Muskeln gewählten musc. semitendinosus, sondern dem weißen musc. adductor magnus entsprechen. *Meyer* folgerte nun, daß die Muskeln, welchen eine der normalen gleich intensive Kraft abgeht, allmählig gewisse Veränderungen erfahren, die sich zunächst in dem Verluste der rothen Färbung kund geben; die rothe Färbung finde sich überall da, wo eine bedeutendere Leistung und demzufolge ein regerer Stoffwechsel stattfinde, und die Differenzen zwischen blassen und rothen Muskeln seien eine durch den verschiedenen Gebrauch entstandene und merkwürdiger Weise bei einzelnen Hausthieren erst vermöge der Züchtung und mangelnder Bewegung hervorgerufene Eigenthümlichkeit. *Meyer*'s Ansicht schlossen sich u. A. *Krause*, *Luchsinger*, *Grützner* an und *Nasse*[38]) glaubte, die Frage nach den Beziehungen zwischen Farbe, Contraction und Textur kurz mit dem Satze abthun zu können: «Das Studium der Bildung des Hämoglobins im Muskel, zu dessen wesentlichen Bestandtheilen es natürlich nicht zu rechnen ist, bietet übrigens kein allzu großes physiologisches Interesse, umsoweniger, als sich durch die Untersuchung von *E. Meyer* herausgestellt hat, daß *Ranvier*'s Entdeckung keine allgemeine Bedeutung besitzt, nämlich daß weder dieselben anatomischen Eigenschaften (Lage der Muskelkerne, Form der Capillaren), noch dieselben physiologischen (Schnelligkeit und Dauer der Contraction) allen gleichgefärbten Muskeln eines Thieres zukommen». Dieser absprechende Urtheilsspruch wird aber weder durch die Untersuchungen *Meyer*'s, noch durch die späteren von *Grützner*, *Luchsinger* und *Barfurth* genügend gestützt und verliert jede Berechtigung, wenn die von *Meyer* ausgewählten, zu derartigen Versuchen ungeeignetsten Objecte, die domesticirten Vögel, von der Betrachtung ausgeschlossen werden.

Meine Erörterung der Frage nach den physiologischen Eigenthümlichkeiten der rothen und blassen Wirbelthiermuskeln ist wenig

bekannt geworden, und in Folge deſſen ſind in den Darſtellungen auch mehrere Factoren unberückſichtigt gelaſſen, deren Kenntniß für einen Einblick in die Verhältniſſe unumgänglich nöthig iſt. *Haller* und ich haben gezeigt, daß bei Luvarus imperialis rothe und blaſſe Muskeln von differentem anatomiſchen Gefüge ſich an ein und dieſelbe Sehne heften, die Wirkungen beider ſomit nur als coordinirte gedacht werden können, und daß eine phyſiologiſche Differenz zwiſchen den beiden Muskelarten in dieſem Falle ohne jeden Belang für die Leiſtung, ohne Werth für den Organismus bleiben muß. Zugleich wies ich darauf hin, daß bei den Fiſchen außer den am energiſchſten arbeitenden Muskeln nur noch diejenigen Hämoglobin führen, welche am meiſten der Peripherie genähert ſind und in Folge deſſen mit dem ſchlechteſten arteriellen Blute geſpeiſt werden, daß die Bedeutung des Muskelhämoglobins in vielen Fällen deshalb auch nur in den Circulations- und Reſpirationsverhältniſſen der Muskeln zu ſuchen iſt. Trotz alledem habe ich mich doch ſtets dagegen verwahrt, die z. B. bei Fiſchen offenbar vorhandenen Beziehungen zwiſchen Hämoglobingehalt, Contractionsdauer und Textur der Muskelfaſern einfach als unwichtig bei Seite zu ſchieben. *Kühne*[39]) ſprach aus, daß die Contractions- (und die damit einhergehenden Textur-)verſchiedenheiten der blaſſen und rothen Muskeln durch die Farbe allerdings nicht bedingt, dadurch aber wohl angedeutet ſeien, und dieſe Faſſung dürfte dem Thatbeſtande am beſten entſprechen.

Betrachten wir nun von dem *Kühne*'ſchen Geſichtspunkte aus die Arbeiten, welche uns über den differenten Glykogengehalt der rothen und blaſſen Muskeln ein Urtheil zu fällen erlauben, ſo ergiebt ſich, daß wahrſcheinlich überall da, wo die Färbungserſcheinungen mit feineren Structurdifferenzen ſich decken — mit Ausnahme der durch Zucht ſtark beeinflußten Muskeln ſcheint das ja überall der Fall zu ſein — und bei der Contraction den rothen ein größeres Latenzſtadium, dafür aber eine weit längere Contrac-

tionsdauer als den blaſſen zukommt, die rothen Muskeln auch glykogenreicher ſind als die blaſſen. Die diesbezüglichen Verſuchsergebniſſe werden aus beiſtehender Tabelle erſichtlich; zu dieſen

Rothe Muskeln (mit langſamer Contraction)	Glykogengehalt	Blaſſe Muskeln (mit raſcher Contraction)	Beobachter
Rückenmuskeln vom Kaninchen (ob roth?)	>	Adductores femoris, Iliopsoas v. Kaninchen	*O. Naſſe*, Arch. f. d. geſ. Phyſiologie. Bd. 14. 1877. S. 482.
Adductores femoris von der Katze (ob roth?)	>	Rückenmuskeln, Quadriceps fem. von der Katze (ob blaß?)	»
Rückenmuskeln vom Hund	gleich		»
Adductores femoris vom Hund	gleich		»
Schenkelmuskeln vom Huhn	<	Bruſtmuskeln vom Huhn	*Luchſinger*, ibid. Bd. 18. 1878. S. 472.
Bruſtmuskeln der Fledermäuſe	<	Körpermuskeln	*Grothe, v. Wittich* in *Hermann*'s Handb. d. Phyſiologie. Bd. 5. Th. 2. S. 367.
Kaninchenmuskeln	>	Kaninchenmuskeln	*Grützner*, Breslauer ärztliche Zeitſchrift. Nr. 24 vom 22. Dec. 1883.
Pferdemuskeln	>	Pferdemuskeln	»
Froſchmuskeln	>	Froſchmuskeln	»

iſt nur zu bemerken, daß die abweichenden Reſultate *Luchſinger*'s als am Huhne erhaltene, für unſere Auffaſſung am wenigſten von Belang ſein können, und daß das derſelben ebenfalls widerſprechende Ergebniß von *Grothe* einer Beſtätigung bedürftig erſcheint.

Man hat dieſe Ergebniſſe gewöhnlich dahin zuſammengefaßt, daß der Glykogengehalt der Muskeln ſich umgekehrt proportional wie ihre Thätigkeit verhalte, und es dürfte dieſe Faſſung ſchon deshalb annehmbarer als die obige erſcheinen, weil die Muskulatur nicht überall eine ſo ſcharfe Sonderung in rothe und blaſſe, wie

z. B. bei Luvarus imperialis zuläßt, ſondern bei einigen Thieren (z. B. beim Hunde nach *Kühne*, bei der Taube nach *E. Meyer*) ſich die geſammte Muskulatur als hämoglobinhaltig erweiſt, in vielen Muskeln (z. B. bei Säugethieren nach *Grützner*) die rothen und blaſſen Faſern gemiſcht ſind, in anderen (z. B. in den Muskelkegeln von Pelamys sarda) eine Faſer theilweiſe roth, theilweiſe blaß iſt und auch durch Hämoglobin nur ſchwach tingirte (ſog. halbrothe) Muskeln vorkommen, von denen wir zur Zeit noch gar nichts wiſſen. Dazu kommt noch, daß die Uebereinſtimmungen im hiſtiologiſchen Baue, der Function und dem Glykogengehalte an ſich eine weit umfangreichere vergleichend-phyſiologiſche Behandlung geſtatten, als wenn zugleich noch auf die Färbung, welche außer an Wirbelthiermuskeln nur noch an einer ſehr beſchränkten Zahl von Evertebratenmuskeln zum Ausdruck gelangt, Rückſicht genommen wird. Leider hat *Grützner* durch ſeine, mit allen Erfahrungen an den Wirbelthiermuskeln im ſchneidenden Widerſpruch ſtehenden Behauptung, daß die den rothen Muskelfaſern entſprechenden dicker ſeien als die, den blaſſen ſich in ihrer Function anſchließenden Faſern, die Frage nach der Uebereinſtimmung im Glykogengehalte, hiſtiologiſchen und functionellen Verhalten der Muskeln vollkommen verwirrt. Allem Anſcheine nach decken ſich die Verſchiedenheiten im Glykogengehalte, functionellen und hiſtiologiſchen Verhalten aber ebenſo unvollſtändig als Contractionsmodus, Textur und Hämoglobinvorkommen. Warnt doch auch *Nasse*[40]) davor, bei den Muskeln ohne Weiteres aus dem Glykogengehalte, «der von verſchiedenen, gar nicht mit einander in Verbindung ſtehenden Umſtänden abhängen kann», auf die Zuckungsgeſchwindigkeit zu ſchließen. Um zu allgemeineren phyſiologiſchen Geſichtspunkten in dieſer Hinſicht zu gelangen, ſind bei jeder vergleichenden Betrachtung, einerlei ob wir vom Hämoglobin oder vom Glykogen ausgehen, von vornherein gewiſſe ſyſtematiſche Abgrenzungen vorzunehmen; in welcher Weiſe die-

ſelben aber hier zu treffen ſind, wird ſich erſt ergeben, wenn wir am Schluſſe unſerer Betrachtungen die ſubſtantiellen, texturellen und functionellen Eigenſchaften der Muskeln in ihrem ganzen Umfange werden kennen gelernt haben.

Legen wir uns nun die Frage vor, welche Bedeutung ſpeciell dem Glykogen für die Muskelcontraction zukommt, ſo muß darauf geantwortet werden: lediglich die eines Reſerveſtoffes, — eines Reſerveſtoffes, der ebenſo gut in irgend einem andern Organe als im Muskel ſelbſt deponirt ſein könnte.

Die neueren Unterſucher *(Boehm* und *Landwehr)* unterſcheiden zwei Zuſtände des Muskelglykogens: Erſtens eine lösliche oder gelöſte, leichter angreifbare Form und zweitens einen feſteren Zuſtand, wobei das Glykogen mit der Muskelſubſtanz verbunden zu denken iſt. Unſer gegenwärtiges Wiſſen über die Hyalogene und deren Derivate legen den Gedanken nahe, daß es ſich im letzteren Falle um Uebergangsſtufen von einem reinen Kohlehydrate zu den Eiweißſtoffen handelt, und daß das Glykogen ſich nicht nur direct oder indirect als Reſpirationsſtoff bei der Muskelaction betheiligt, ſondern auch beim Aufbau der eigentlich contractilen Subſtanz Verwendung findet. Was bislang über die Umwandlung des Glykogens experimentell ermittelt wurde, ſpricht allerdings weder für, noch gegen eine ſolche Annahme. Die Thatſachen, daß an abgeſtorbenen Muskeln beim Schwinden des Glykogens der Fleiſchzucker auftritt, daß in Muskeln auch Dextrin nachzuweiſen iſt, reden keineswegs der Annahme das Wort, daß das Glykogen bei der Muskelcontraction in Zucker umgeſetzt wird; daß dasſelbe post mortem einer ſolchen Transformation unterliegt, bedarf ſeit Kenntniß des diaſtatiſchen Enzymes der Muskelſubſtanz kaum eines beſonderen Nachweiſes, und ſelbſt wenn Verſuche an lebenden Muskeln die Verzuckerung des Glykogens während der Contraction wahrſcheinlich machen ſollten, ſo würde immer erſt noch der Einwand fortzuräumen ſein, daß ausnehmend geringe Eingriffe im

Stande ſind, die vitalen albuminogenen Proceſſe in ſaccharogene umzuändern, wie z. B. ſehr unbedenklich erſcheinende Mittel zur Melliturie führen. Das Intereſſe, welches der vergleichende Phyſiologe gegenwärtig an dem Muskelglykogen nimmt, kann noch kein anderes und größeres als bei den Muskelenzymen ſein; es beruht lediglich auf der glykogenbildenden Kraft der Muskelſubſtanz, und auch über dieſe iſt, wie wir ſahen, noch keineswegs endgültig entſchieden.

Der aus todtenſtarren Muskeln dargeſtellte Fleiſchzucker[41]) iſt der alkoholiſchen Gährung fähig, verändert beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure ſein Reductionsvermögen in merklicher Weiſe nicht und dürfte ſich bei näherer Unterſuchung als mit Traubenzucker identiſch erweiſen; ebenſo wenig als dieſem kommt dem aus Pferdemuskeln von *Limpricht*, aus Kaninchenmuskeln von *Kühne* abgeſchiedenen Erythrodextrin[42]) eine vergleichend-phyſiologiſche Bedeutung zu. Wichtiger iſt für uns der Inoſit[43]), welcher in den quergeſtreiften Muskeln der Säugethiere, Vögel und Reptilien ziemlich regelmäßig anzutreffen iſt und auch der glatten Muskulatur bei dieſen Thierclaſſen nicht durchgängig mangelt. Sein Vorkommen wird ein weit conſtanteres und allgemeineres ſein, als noch vor Kurzem angenommen wurde. In den Muskeln von Cephalopoden (Eledone moschata), Arthropoden (Periplaneta Blatta orientalis) und Gephyreen (Sipunculus nudus) iſt Inoſit aufgefunden, nur bei Amphibien und Fiſchen mißlangen alle Bemühungen, ſein Vorkommen darzuthun. *Weyl*[44]) berichtet zwar, daß im electriſchen Organe von Torpedo Inoſit enthalten ſei; ich habe mich indeß von der Richtigkeit dieſer Angabe nicht überzeugen können, und die Differenzen im Inoſitgehalte, welche zwiſchen den quergeſtreiften Muskeln der Ichthyopſiden einerſeits, und denen der Sauropſiden und Mammalia andererſeits beſtehen, ſind als eine abgemachte Sache zu betrachten; vermuthlich tritt in den Muskeln der Fiſche gleichſam an Stelle des Inoſits ein

Fleiſchzucker.

Erythrodextrin.

Inoſit.

anderer Zuckerſtoff, nämlich der von *Frerichs* und *Staedeler*[44]) aus einem Gemiſche ſehr verſchiedener Organe von Rochen und Haien erhaltene Scyllit. Verhältnißmäßig viel Inoſit finden ſich in dem Herzmuskel der Säuger und in den rothen Muskeln der Schildkröten (Testudo marginata) vor, wie denn überhaupt die Reptilienmuskeln an dieſem Zucker die reichſten zu ſein ſcheinen. Abgeſehen von den Claſſenunterſchieden verſprechen die ſtark hämoglobinhaltigen Muskeln im Allgemeinen die ergiebigſte Inoſitausbeute, und wir haben demnach bezüglich des Inoſitvorkommens gerade das entgegengeſetzte Reſultat von dem zu conſtatiren, welches die Unterſuchungen über das Glykogen zur Folge gehabt haben. Erwähnung verdient noch das Auftreten des Inoſits im Pflanzenreiche. Obſchon der ſog. Phaſeomannit weit anſehnlichere Kryſtalle darſtellt als der aus thieriſchen Geweben immer nur mikrokryſtalliniſch erhaltene Inoſit, ſo haben die Unterſuchungen doch für beide Zucker die nämlichen phyſikaliſchen und chemiſchen Eigenſchaften ergeben, und ihre Identität unterliegt wohl keinem Zweifel mehr[45]). Im Uebrigen ſind wir über die chemiſchen Eigenſchaften des Inoſits nur erſt ſehr lückenhaft unterrichtet, und Gründe für die leichte Zerſetzlichkeit, welcher der Inoſit ſelbſt beim Aufbewahren im trocknen Zuſtande unterliegt, und welche ſich häufig an einer Roſafärbung bemerkbar macht, ſowie ihn ſeines Reactionsvermögens auf die *Scherer*'ſche Probe beraubt, ſind bislang nicht gefunden.

Fette. Mit unſerem Wiſſen über den Fettgehalt der Muskeln iſt es ſehr mißlich beſtellt. Die unter den einzelnen Organen des Thierkörpers beſtehenden Wechſelbeziehungen, ſei es, daß dieſe ſich in zeitweiſen Schwankungen der Leiſtungsfähigkeit oder in einer allmählig anwachſenden und ſich erhaltenden Functionsſteigerung eines Organs auf Koſten eines anderen äußern, treten nirgends in den ſie begleitenden Subſtanzveränderungen ſchlagender hervor als an gewiſſen Muskelgruppen. Die Beziehungen zwiſchen dem Stoff-

wechſel der Muskeln und dem der Geſchlechtsorgane ſpringen beſonders deutlich in die Augen. Nur bei denjenigen ungewöhnlichen Bewegungsformen, welche den ſog. Kautſchukleuten eigen ſind und nach *H. Virchow*[46]) in einem vollſtändigen Ausſchluſſe antagoniſtiſcher Muskelwirkungen begründet liegen, ſcheinen beim Menſchen die Geſchlechtsorgane in ihrer Entwicklung normwidrig gehemmt zu werden; degenerative Vorgänge bei Ausbildung der Geſchlechtsproducte vollziehen ſich an den Muskeln aber nicht nur im exquiſiteſten Maße bei den Metamorphoſen der Inſecten und anderer Wirbelloſen, ſondern auch die Wirbelthiere bieten davon typiſche Beiſpiele dar. Am lehrreichſten ſind in dieſer Hinſicht die Unterſuchungen *Mieſcher*'s[47]) am Lachſe.

Bekanntlich verſchmäht der Lachs während ſeines langen Verweilens im Rheine irgend welche Nahrung aufzunehmen und entwickelt dabei, vornehmlich auf Koſten ſeines großen Rumpfmuskels, Eierſtöcke resp. Samendrüſen. Die Gewichtszunahme der Eierſtöcke erfolgt beſonders raſch von Auguſt bis Mitte November. *Mieſcher* berechnete den während dieſer Zeit (vom 7. Auguſt bis zum 11. November) eingetretenen Gewichtszuwachs der zuvor 280 g ſchweren Eierſtöcke auf 1608 g und dieſer Verbrauch war hauptſächlich gedeckt durch die Rumpfmuskeln, deren Gewicht in zwiſchen von 6340 g (mit einem Eiweißgehalte von 16,7 %) auf 3630 gr (mit einem Eiweißgehalte von nur 13,2 %) geſunken war. Von 100 Th. Rumpfmuskel waren ſomit 43 Th. ganz verſchwunden, der Reſt an Eiweiß um 21 % verſchlechtert und noch weit größer war der Schwund an Fett, während der Verluſt an Phosphorſäure ungefähr der Eiweißabnahme parallel ging. Andere Muskelgruppen (wie die Schwanzmuskeln, der obere und untere Längsmuskel, die Muskulatur des Kiefers, des Zungenbeins, der Bruſt-, After- und Rückenfloſſen) waren dabei intact geblieben und es geht hieraus mit Evidenz hervor, daß vor allen der Rumpfmuskel das Baumaterial für den Eierſtock zu liefern hat. Dieſer Anſchauung

näherte ſich bereits *Valenciennes*[48]), von dem die Beobachtung herrührt, daß beim Verblaſſen der Rumpfmuskeln Fett und Farbſtoff in den Laich übergehen.

Ich habe die von *Miescher* ſo fein unterſuchten Verhältniſſe beim Lachs ſchon deshalb etwas ausführlicher mitgetheilt, weil die außerordentliche Labilität des Muskelfettes bei dieſem Fiſche vielleicht auch zur Erklärung der bei Atrophie menſchlicher Muskeln ſo häufig eintretenden interſtitiellen Fettanhäufung beizutragen geeignet iſt. Bei Hausthieren wie bei Menſchen ſah man unthätige und gelähmte Muskeln ſehr häufig verfetten und mit Hinweis auf dieſe Befunde warf *Cohnheim*[49]) die Frage auf, ob bei derartigen Krankheiten der reinen Atrophie der Muskelfaſer nicht conſtant ein Zuſtand der Verfettung vorausgehe. «Das interſtitielle Fett wäre dann dasjenige, welches urſprünglich aus einem Theil des Eiweiß der Muskelfaſern abgeſpalten und, nachdem es mehr oder weniger lange in letzteren verweilt, ſchließlich in die Zellen des intermuskulären Bindegewebes übergeführt worden war; letztere wären dann zu Fettzellen geworden, während die Muskelfaſern, wegen mangelndem Wiedererſatz, atrophirt ſind.»

Um ſeine vielen ſonderbaren, allen ſicher geſtellten Thatſachen geradezu ins Geſicht ſchlagenden Ideen in der Muskelchemie noch um eine neue zu vermehren, vertritt *Hoppe-Seyler*[50]) eine der *Cohnheim*'ſchen diametral entgegengeſetzte Anſicht und hält dafür, daß Fett wie glutingebende Subſtanz dem interfibrillären Bindegewebe und nicht der normalen Muskelfaſer als ſolcher angehöre. In ſeinem denkwürdigen Aufſatze über die contractilen Gewebe hat aber ſchon *Kühne*[51]) betont, daß es bei der hiſtoriſch geheiligten Leichtfertigkeit, welche die Hiſtiologie dem Fettgehalte der Muskeln jederzeit bewieſen hat, allerdings nicht Wunder nehmen konnte, «wenn gleich die erſten Verſuche quantitativer Fettbeſtimmung ſog. fettig metamorphoſirter Muskeln (des Herzens), in denen das Mikroskop ſcheinbar ungeheuren Fettreichthum dargethan, ge-

rade das entgegengeſetzte Reſultat, Verminderung des Fettes gegenüber den normalen Herzmuskeln ergeben haben». Bei Behandlung mit abſolutem Alkohol und Aether wie durch Tinction mit Osmiumſäure überzeugte ſich *Kühne*, daß normale Muskeln ſtets Fett enthalten, daß aber (z. B. in den Froſchmuskeln) nicht Alles Fett iſt, was man dafür angeſehen hat. In glatten wie in quergeſtreiften Muskeln iſt das Fett um den Kernen, ſowie in der Ernährungsflüſſigkeit um den Muskelfäulchen durch Osmiumſäure meiſt leicht zu erkennen, und beim Lachſe fand ich zu gewiſſen Zeiten des Jahres die geſammte Muskelfaſer ziemlich gleichmäßig mit Fett durchtränkt, ſo daß bei dieſem wie bei vielen anderen Fiſchen auch die eigentlich contractile Subſtanz fetthaltig ſein muß. Iſt, wie ich mit *Cohnheim* glaube annehmen zu ſollen, nicht nur das intrafibrilläre, ſondern mindeſtens zum Theil auch das interfibrilläre Muskelfett ein Product der contractilen Subſtanz, ſo hat es ſelbſtverſtändlich wenig Sinn, wenn man mit *Naſſe*[52]) darnach trachten wollte, zu beſtimmen, wieviel von dem Fette der eigentlich contractilen Subſtanz, wieviel den intra- und den interfibrillären Zwiſchenmaſſen zukommt; um die Schwankungen zu erfahren, denen die phyſiologiſche Verfettung der contractilen Subſtanz unterworfen iſt, dürften Beſtimmungen des Fettgehaltes der Muskeln nach möglichſter Entfernung anderer fettführenden Gewebe genügen, und von hervorragendem Werthe bleiben in dieſer Hinſicht die Verſuchsreſultate[53]), nach denen der Fettgehalt in manchen Muskeln auf 1,07 % (Extremitätenmuskeln des Haſen) oder ſelbſt auf 0,76 % (Muskeln eines mageren Ochſen) ſinken kann.

Wie ſich der Fettgehalt für Muskeln von verſchiedener Färbung oder von ungleicher Contractionsdauer ein und desſelben Thieres geſtaltet, iſt erſt ſehr mangelhaft unterſucht worden. Ich vermag nur anzugeben, daß im Schwanztheile von Luvarus imperialis die rothen Muskeln ſich fettreicher als die meerblauen erwieſen[54]), und das nämliche Verhältniß ſcheint auch bei dem

Lachſe vor der Laichzeit zu beſtehen; in Gemeinſchaft mit Herrn Dr. *H. Wagner*[55]) ausgeführte Fettbeſtimmungen an den Lachsmuskeln ergaben jedoch nicht immer einen größeren Fettgehalt für die rothe Muskulatur, ſondern ließen es wahrſcheinlich werden, daß ſich das Verhältniß im Fettgehalte beider Muskelarten zu gewiſſen Zeiten des Jahres ändert, ſei es, daß der Fettgehalt in beiden proportional abnimmt, oder daß die eine Muskelart mehr an Fett verarmt als die andere.

Schließlich ſei noch eines Reſultates von *Mieſcher* gedacht, weil dasſelbe für die Richtigkeit eines durch Thatſachen ſonſt wenig geſtützten Satzes von *Richet*[56]) ſpricht, welcher beſagt, daß die Muskeln, welche viel Fett enthalten, wenig Waſſer führen und umgekehrt. *Mieſcher* fand den Waſſergehalt des großen Rumpfmuskels beim Lachs während und kurz vor der Laichzeit im November durchſchnittlich zu 81,5 %, dagegen vor Ausbildung der Geſchlechtsdrüſen zu 73,2 %.

Gewiß in den Muskeln vieler Thierarten werden Spuren jenes Chromogenes vorhanden ſein, welches in den Fleiſchauszügen nach Ausfällung der Phosphate bei dem Inoſit bleibt und zur Bildung eines carminrothen, in warmem Waſſer mit bräunlichgelber Farbe leicht löslichen Pigmentes führt. Zur Darſtellung dieſes Farbſtoffes[57]), deſſen wäſſrige Löſung ein dem Hydrobilirubin nahe verwandtes Spectralverhalten aufweiſt, bedurfte es aber reſpectabeler Fleiſchquanta, und derſelbe iſt bislang auch nur aus *Liebig*'ſchem Fleiſchextracte abgeſchieden worden. In weit reichlicherem Maaße treten in Muskeln fertig geſtellte Farbſtoffe auf, die ſich ſchon bei einer oberflächlichen Betrachtung verrathen, und welche alsdann einen, wenn auch nur indirecten und keineswegs immer zutreffenden Schluß auf den Contractionsmodus und den hiſtiologiſchen Bau der Muskelſubſtanz geſtatten.

Hämoglobin.

Die intenſive Röthung einiger Muskeln[58]) war bereits *Luitjen* und *Mulder* bei Säugethieren wie bei Vögeln aufgefallen, und ſie

leiteten dieſelbe von dem Inhalte der zahlreichen Muskelblutgefäße her. Daß der Farbſtoff der Muskelſubſtanz in gleichmäßiger Vertheilung ſelbſt angehört, fanden *Bichat* wie *Magendie* und mehrere deutſche Forſcher *(Henle, Simon, v. Bibra, Kölliker, Schloßberger)* hielten denſelben für Hämoglobin. Die Identität des Muskelrothes mit dem Hämoglobin wurde aber erſt von *Kühne* durch genaue ſpectroſkopiſche Prüfung dünner, vollkommen blutfrei erhaltener Muskeln (Zwerchfell) und ihrer wäſſrigen Auszüge, ſowie durch Darſtellung von Häminkryſtallen zur Gewißheit erhoben. Die dem *Kühne*'ſchen Nachweiſe widerſprechenden Angaben, wie z. B. die von *Brozeit* und *Hoppe-Seyler*, welche behaupten, daß das rothe Fleiſch im Leben weiß ſei und erſt durch künſtlich geſetzte Blutungen ſich röthe, oder wie die Angabe von *Pouchet*, daß die rothe Farbe der Muskelſubſtanz als ſolcher zukomme und nicht von einem Farbſtoffe herrühre, wurden, inſofern dieſelben einer Richtigſtellung überhaupt werth ſind, ſchon von *Kühne* berichtigt.

Ein Blick auf die dem erſten dieſer Vorträge beigegebene Tabelle (S. 29—32) lehrt, daß hämoglobinhaltige Muskeln kein Alleinbeſitz der Wirbelthiere ſind, ſondern daß die Forſchung auch bei Würmern und Mollusken auf dieſelben ſtieß. Bei den Säugethieren ſpeciell finden ſich ſowohl glatte wie quergeſtreifte hämoglobinhaltige Muskelfaſern vor, und der Differenzen, welche ſich hinſichtlich der rothen Faſern gerade hier zeigen und für uns von Werth ſind, iſt bereits oben S. 297 Erwähnung gethan. Bei einigen Thierarten (z. B. beim Ochſen) erlangen die rothen Muskeln eine intenſivere Färbung erſt ſehr allmählig[59]), ſo daß die auf gewiſſe Muskelgruppen beſchränkte Röthung bei alten Thieren am meiſten in die Augen ſpringt. Derartige an der Färbung ſogleich zu erkennende Altersunterſchiede ſind überall da Regel, wo das Pigment durch ein den lebenden Zellen innewohnendes Electionsvermögen von außen her aufgenommen wird, nicht, wo dasſelbe in loco ent-

ſteht und durch eine den Zellen eigene Retentionskraft dieſen eine Zeit erhalten bleibt. Ich glaube deshalb auch, daß die rothen Muskeln ihr Hämoglobin während des Lebens aus der Blutbahn zugeführt erhalten, nicht, daß ſie das Hämoglobin ſelbſt produciren. Ampullenartige Erweiterungen der Blutgefäße, welche in rothen Muskeln geſehen werden, müſſen eine Hämoglobinaufnahme aus dem Blute beſonders begünſtigen, und auch die Angabe von *Naſſe*[60]), «daß der rothe Farbſtoff in den anfangs faſt farbloſen Muskeln der Kälber in einer ganz beſtimmten Periode beim Uebergang von Milchnahrung zu Grünfutter auftritt», erklärt ſich meines Dafürhaltens ungezwungener durch eine in Folge des Nahrungswechſels eingetretene Veränderung im Stoffumſatze der rothen Blutkörperchen, als durch eine in Folge des Grünfutters hervorgerufene intramuskuläre Hämoglobinbildung; für letztere ließe ſich vielleicht mit mehr Recht das Auftreten von hämoglobinführenden Muskeln bei Gaſtropoden (Paludina, Lymnaeus, Aplysia etc.) verwerthen, deren einziger hämolymphatiſcher Farbſtoff das Hämocyanin iſt. Doch können bei den Wirbelloſen die Verhältniſſe immerhin weſentlich andere als bei den Wirbelthieren ſein, und gerade für die Muskeln der Gaſtropoden ſind die von *Ray-Lankeſter* herrührenden Angaben keineswegs jedem Zweifel enthoben. Der beſte Kenner der feineren Gaſtropodenanatomie, Graf *B. Haller*[61]), hat erſt kürzlich darauf hingewieſen, daß der rothe Farbſtoff in den Buccalmuskeln der Chitonen durch Alkohol extrahirbar iſt, auch nach einiger Zeit in einen grüngelben übergeht (*Boll*) und demnach doch wohl kein Hämoglobin ſein kann, welches *Ray-Lankeſter* hier nachgewieſen haben wollte. Uebrigens hüllen die Beobachtungen von *Roeber*, *Gſcheidlen* und *Heidenhain*, daß ein deutlicher Farbenunterſchied ſchon bei einſeitiger Curariſirung wie Strychninvergiftung an correſpondirenden Muskeln wahrnehmbar wird, indem die durch das eine oder andere der beiden Alkaloïde afficirten Muskeln ein geſättigteres Muskelroth als die der Giftwirkung

unausgeſetzt gebliebenen darbieten, die Frage nach der Herkunft des Hämoglobins in ein neues Dunkel.

Lipochrome.

Mit den durch Hämoglobin gerötheten Muskeln ſind häufig andere confundirt, die ihr Roth einem von *Fremy* und *Valenciennes* als acide salmonique bezeichneten Farbſtoffe aus der Lipochromgruppe[62]) verdanken. Dieſer Rhodophanfarbſtoff fand ſich nur in Fiſchmuskeln, wo er bei einigen Arten (z. B. bei Luvarus imperialis) ſich mit dem Hämoglobin zuſammen an der Färbung betheiligt, bei anderen Species dagegen die von Hämoglobin frei gelaſſenen Muskelgruppen tingirt und in hämoglobinhaltigen Faſern dann vollſtändig fehlt; wo letzteres Verhältniß obwaltet, entſprechen die rhodophanhaltigen Fiſchmuskeln den blaſſen der Säuger. *Schloßberger* beſchreibt auch einen gelben Farbſtoff aus dem Fleiſche der Goldforelle; dieſer gehört nach den bekannt gegebenen Reactionen ebenfalls den Lipochromen zu, wird jedoch kein Rhodophan, ſondern ein Körper aus der Chlorophanreihe ſein. Die bald mehr ins Grüne, bald mehr ins Blaue ſpielenden Färbungen der Muskeln einiger Scomberiden (z. B. Scomber, Luvarus) und dieſen verwandter Formen ſtehen indeß den Lipochromen fern und müſſen nach meinen Erfahrungen über den grünen Belone-Farbſtoff[63]) einem diffus vertheilten Pigmente zugeſchrieben werden, zu deſſen Extraction ſich die üblichen Methoden als unzureichend erwieſen. Die blauen Färbungen anderer Muskeln und die röthliche Färbung der iſotropen Subſtanz lebender Muskelfaſern (*Kühne*) ſind Structurfarben; erſtere werden nach *Pouchet*[64]) durch kleine, in Zellen (Idiocyſten) eingeſchloſſene Körperchen verurſacht.

Gelber Farbſtoff in den Flugmuskeln der Inſecten

Die durch den raſchen Wechſel ihrer Contractionen und durch ihre feine Faſerung ausgezeichneten gelben Flugmuskeln der Inſecten charakteriſirt ein von den Lipochromen in ſeinen Eigenſchaften ganz abweichender Farbſtoff[65]), welcher den Uranidinen zugezählt werden muß, ähnlichen Verfärbungen wie das Aplyſino-

fulvin unterliegt und wie in den Muskeln, ſo auch in der Infectenlymphe ſtändig anzutreffen iſt.

Sämmtliche hier aufgezählten Farbendifferenzen der Muskeln können für uns erſt dann eine größere Bedeutung gewinnen, wenn wir die Unterſchiede im hiſtiologiſchen Baue der Muskeln kennen gelernt haben.

Haben wir es als wahrſcheinlich hingeſtellt, daß die rothen und blaſſen Muskeln der Säugethiere nur mit einem verſchiedenen Electionsvermögen für das in der Blutbahn frei werdende Hämoglobin begabt ſind, hat ſich auch weiterhin gezeigt, daß einige Muskelproducte (wie z. B. die Enzyme) in geringer Menge faſt regelmäßig im Muskelgewebe zu finden ſind, ſo giebt es andererſeits Fälle, wo die bei der Muskelcontraction entſtehenden Zerſetzungsproducte das Muskelgewebe ſo außerordentlich rapide wieder verlaſſen, daß man über die Bildungsſtätte derſelben lange in Zweifel bleiben konnte, oder auch ſolche, wo die nämlichen Stoffe ſich in ſo immenſem Grade im Muskelgewebe anhäufen, daß der Fleiſchſaft eine concentrirte Löſung dieſer Subſtanzen darſtellt. Das Elections- und Retentionsvermögen der lebenden Zellen variiren bei keinem anderen Organe in ſo weiten Grenzen als bei den Muskeln und gerade dadurch wird die Muskelchemie ſo lehrreich und hochintereſſant.

Harnſtoff und Harnſäure.

Die breiten Schwankungen in der Retentionsgröße für gewiſſe Stoffe illuſtrirt am ſchlagendſten der Harnſtoffgehalt der Muskeln[66]). In jüngſter Zeit iſt zwar mehrfach dafür plaidirt, daß der Harnſtoff bei den Säugern, die Harnſäure bei den Vögeln und Reptilien zum größten Theile aus Ammoniumverbindungen in der Leber hervorgehen. Die Verſuche, auf welche man ſich berief, beweiſen indeß nichts und wir haben deshalb als eine der Hauptbildungsſtätten für beide Stoffe noch wie zuvor die Muskulatur anzuſehen. Es ſind ſeltene Ausnahmen, wenn die Muskeln größere Mengen ihrer Zerſetzungsproducte bei ſich behalten; Regel iſt, daß

die Stoffe, ſobald ſie entſtanden ſind, auch ausgeſchieden werden. *Owsjannikow* und *Iſtomin* wollen bei künſtlicher Durchblutung des Hundemuskels das ausſtrömende Blut reicher an Harnſtoff als das einſtrömende gefunden haben und *Picard* berichtet, aus Hunde- wie Kaninchenmuskeln Harnſtoff iſolirt zu haben. Dieſe Angaben ſind jedoch mit äußerſter Vorſicht aufzunehmen, und ich ſtehe nach meinen Verſuchen nicht an, wie einſt *Liebig* zu behaupten, daß aus normalen Säugethiermuskeln Harnſtoff nach den gegenwärtig üblichen Methoden nicht abzuſcheiden und darauf als ſolcher nicht zu erkennen iſt. Nur unter ganz abnormen Verhältniſſen (nach Exſtirpation der Nieren, nach Ureterenunterbindung, bei Cholerakranken, die im Stadium des Choleratyphoid geſtorben ſind) traf man in Hunde-, reſp. in menſchlichen Muskeln Harnſtoff in ſicher nachweisbarer und alsdann bisweilen auch in beträchtlicher Quantität an. Bei Choleraleichen fand *Voit* in den Muskeln weit größere Mengen Harnſtoff als im Blute und zieht daraus den Schluß, daß die Muskeln unmöglich einen höheren Gehalt an Harnſtoff zeigen könnten als das Blut, wenn ſie ihn nur durch Vermittelung des Blutes von anderen Organen herbezögen; hierin ſehen auch wir den Beweis dafür, daß der Harnſtoff in den Muskeln ſelbſt entſteht.

Eine große Anzahl ſorgſam ausgewählter Repräſentanten der wichtigeren Familien aus allen Wirbelthierclaſſen iſt auf Harnſtoff geprüft worden; mit Ausnahme der neun unterſuchten Vertreter einer einzigen Ordnung haben ſich für den Harnſtoff aber überall die nämlichen Verhältniſſe als bei den Säugethieren offenbart: Harnſtoff war in dem normalen Muskelgewebe nicht nachzuweiſen, und auch unter den Wirbelloſen blieb ſein Vorkommen auf die Arthropoden beſchränkt. Für die Harnſäure[67]) war das Reſultat ein völlig analoges; auch hier fanden ſich nur bei Vertretern einer Ordnung erhebliche Harnſäuremengen in den Muskeln vor. Während nun aber ſonſt in den Muskeln der Wirbelthiere nicht

eine Spur von Harnſtoff aufzufinden war, ergab ſich für ſämmtliche, der Prüfung unterworfenen Selachier (Rochen und Haie), daß der Fleiſchſaft gleichſam eine concentrirte Harnſtofflöſung vorſtellt, und daß in gleicher Weiſe wie die Muskeln auch die übrigen Körperorgane mit Harnſtofflöſung mächtig durchtränkt ſind.

Ein namhafter Zoologe äußerte mir gegenüber die Anſicht, der ſo iſolirt daſtehende Harnſtoffreichthum der Selachiergewebe möchte durch die Kleinheit der Nieren bedingt ſein; die Excretionsorgane ſeien den Anſprüchen, welche der Organismus an ſie ſtelle, nicht gewachſen und ſo bleibe eine größere Harnſtoffmenge in den Körpergeweben zurück. *Hoppe-Seyler*[68]) ſieht den Grund ebenfalls in den Nieren; er vermuthet, «daß die Kräfte, welche in den Nieren der übrigen Thiere thätig ſind und den Rücktritt des Harnſtoffes aus dem Harn in das Blut verhindern, alſo einer osmotiſchen Bewegung entgegenwirken», den Nieren der Rochen und Haie nur in geringem Grade oder gar nicht eigen ſind. Beide Hypotheſen rechnen nicht genügend mit den feſtgeſtellten Thatſachen. Ich[69]) habe gezeigt, daß nicht nur aus der Dotterſackplacenta und 5 cm langen Embryonen von Mustelus laevis, ſondern auch aus den Eidottern von Scyllium canicula und Myliobatis aquila mit Leichtigkeit größere Harnſtoffquantitäten abzuſcheiden ſind. Der Harnſtoffreichthum iſt alſo bereits in einem Entwicklungsſtadium vorhanden, in welchem die Gewebe durch eine Nierenſecretion von den Excretſtoffen noch bei keinem Wirbelthiere entlaſtet werden. Es müſſen daher die Gewebe der Selachier ganz anders functioniren als die der übrigen Wirbelthiere, und da auch das Retentionsvermögen ihrer Muskeln für Harnſtoff ein von dem üblichen abweichendes iſt, ſo treffen wir ſelbſt dann noch den coloſſalen Harnſtoffgehalt in ihnen an, wenn die Nieren ſich Jahre lang in regelrechter Thätigkeit befunden haben.

In entſprechender Weiſe ſind nun auch die Verhältniſſe bei den Alligatoren und Crocodilen zu deuten, wo nicht Harnſtoff,

ſondern (wie bei den Lampyriden) Harnſäure die Muskeln oft maſſenhaft erfüllt. Das Harnſäurevorkommen in den Muskeln der Alligatoren wurde 1849 von *Liebig* beobachtet und 1864 von *Carius* nachentdeckt. Beide Forſcher bezeichneten den Harnſäurereichthum der Muskeln als einen normalen und dieſer Auffaſſung ſchloß ſich *Pagenſtecher* an, während *Meißner* derſelben widerſprechen zu müſſen glaubte. In den letzteren Jahren habe ich wiederholt Gelegenheit genommen, Fleiſch von Crocodilen wie von Alligatoren zu unterſuchen, und der Harnſäuregehalt desſelben war allemal ein ſehr bedeutender, die Thiere z. Th. ohne längeres Kränkeln plötzlich geſtorben, z. Th. auch bei beſtem Wohlbefinden getödtet, ſo daß heute kein Zweifel mehr an einem verhältnißmäßig großen Harnſäuregehalte der Muskeln ſelbſt bei ganz normalen Crocodilen beſtehen kann. Aehnliche Retentionseigenthümlichkeiten zeigen die Muskeln einiger anderen Thiere für Taurin, Glykocoll und Kreatinin.

Taurin u. Glykocoll.

Geringe Mengen von Taurin[70]) fand *Limpricht* in Pferde- wie in Fiſchfleiſch; reicher daran ſind die Muskeln von Rana temporaria, und auch in den Muskeln von Gaſtropoden und Acephalen gab ſich ſeine Anweſenheit zu erkennen. Nirgendwo finden ſich aber in den Muskeln ſolche Maſſen von Taurin aufgeſtapelt als bei den Cephalopoden. Hier wurde das Taurin von *Fremy* und *Valenciennes* bei Sepia officinalis entdeckt, ſpäter von *Fredericq* aus Octopus vulgaris, von mir aus Eledone moschata und (in Gemeinſchaft mit *J. Steiner*) aus Loligo vulgaris iſolirt; bei allen der Prüfung unterzogenen Cephalopodenſpecies glich der Fleiſchſaft einer concentrirten Taurinlöſung. In dem Schließmuskel von Pecten irradians traf *Chittenden*[71]) das Glykocoll (die zweite Amidoſäure, welche wie das Taurin ſonſt nur noch mit Cholalſäure gepaart als Gallenbeſtandtheil bei den Wirbelthieren auftritt) in einer annähernd ebenſo bedeutenden Menge an.

Kreatinin

Reichlichere Quantitäten von Kreatinin[72]), welche nachweislich

nicht erſt bei der Darſtellung aus Kreatin entſtanden ſind, fanden ſich nur bei einigen Knochenfiſchen (Luvarus, Thynnus, Pelamys, Conger). Ausnehmend groß iſt der Kreatiningehalt der meerblauen Rumpfmuskeln von Luvarus imperialis; aus dem alkoholiſchen Auszuge von $1^1/_2$ kg dieſer Muskeln ſchieden ſich bei vorſichtigem Eindampfen auf dem Waſſerbade nicht weniger als 5 g reinſte Kreatininkryſtalle ab. Auch in den quergeſtreiften Muskeln der Säuger und Vögel wird das Kreatinin ſicherlich nicht ganz fehlen, doch laſſen die Unterſuchungen noch Zweifel beſtehen, wie viel von dem gefundenen Kreatinin in den Muskeln wirklich als präformirtes vorhanden geweſen und wie viel erſt bei Verarbeitung des Fleiſches aus Kreatin, dem conſtanteſten unter den kryſtalliſabelen ſtickſtoffhaltigen Extractivſtoffen der Wirbelthiermuskeln entſtanden war.

Kreatin. Ausgenommen einen einzigen negativen Befund bei Lichia amia, wo die Unterſuchung überdies mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen hatte und das Reſultat daher kein ganz zuverläſſiges iſt, hat ſich das Kreatin[73]) in den quergeſtreiften Muskeln bei ſämmtlichen Wirbelthieren (und zwar ſchon bei jungen Embryonen) gefunden, bei welchen man darnach geſucht hat. Das Kreatin iſt nicht nur der conſtanteſte, ſondern auch ein charakteriſtiſcher Beſtandtheil der quergeſtreiften Vertebratenmuskulatur; es findet ſich noch bei den Selachiern, Ganoiden, Cycloſtomen, ja bei Amphioxus lanceolatus vor, iſt aber aus den Muskeln keines einzigen Wirbelloſen zu erhalten geweſen. Ob Kreatin in den glatten Wirbelthiermuskeln vorkommt, ſteht noch dahin; *Lehmann* giebt an, es darin gefunden zu haben, ich habe es dagegen bei allen in Unterſuchung genommenen glatten Muskeln vermißt.

Die Veränderungen, welche das Kreatin im Muskel durchmacht und ſein eventueller Uebergang in Harnkreatinin ſind noch wenig durchſichtig. Durch *Sarokin* wiſſen wir, daß der Kreatingehalt ſauer reagirender, zuvor todtenſtarr gewordener Froſchmuskeln

von dem alkaliſch reagirender nicht nennenswerth abweicht, daß aber der Kreatiningehalt eines tetaniſirten Froſchmuskels auf Koſten ſeines Kreatins ums dreifache anwachſen kann. Beſtimmungen des Kreatingehaltes von verſchiedenen Muskeln desſelben Thieres haben ebenfalls zu keinem abſchließenden Reſultate geführt; nur für das Herz ſcheint feſtgeſtellt, daß es kreatinärmer iſt als die Extremitätenmuskulatur. *Voit* ſchließt aus ſeinen, an friſchen Muskeln von Froſch, Fuchs, Rind, Hund, Pferd, Kaninchen und Menſch ausgeführten quantitativen Beſtimmungen, daß der (in den Verſuchsprotokollen zwiſchen 0.2—0.3 % wechſelnde) Kreatingehalt bei den verſchiedenen Thierſpecies keine größeren Unterſchiede darbietet als bei Individuen der gleichen Species, und den nämlichen Eindruck gewann auch ich bei vielen, allerdings nicht quantitativ durchgeführten Analyſen von Fiſchfleiſch.

Daß zwiſchen den Muskeln nahe verwandter Formen und zwiſchen den verſchiedenen Muskelarten ein und desſelben Thieres oft hervorſtechende chemiſche Unterſchiede beſtehen, daß ein Muskel Subſtanzen enthält, die einem anderen ſo gut wie vollſtändig fehlen, hat ſicherlich ein Gaſtronom niemals bezweifelt. Des verſchiedenartigen Geſchmackes von dunklem und blaſſem Fleiſche bei Geflügel iſt von Literaten wiederholt gedacht, der verſchiedene Geſchmack des hellen und rothen Thunfiſchfleiſches iſt unter den Bewohnern der Seeſtädte am Mittelmeere allgemein bekannt. So klar wie am Rochen- und Haifiſchfleiſche, deſſen widerwärtiger Geſchmack und Geruch auf Zerſetzungsproducten des darin ſo reichlich vorhandenen Harnſtoffs beruht, treten bei der chemiſchen Analyſe derartige Verſchiedenheiten in der Zuſammenſetzung ſonſt nicht hervor, und ſelbſt bei Fleiſchſorten von ſo eigenartigem Geſchmacke wie die der Krebſe iſt derſelbe nur mit Unrecht dem Glykogen zugeſchrieben, ſeine wahre Urſache noch unermittelt. «Der Inſtinct des Geſchmackes iſt», wie *Brillat-Savarin*[74]) bemerkt, «der Wiſſenſchaft vorausgeeilt.»

Die Mehrzahl der Fleiſchſtoffe, welche ſich dem Geſchmacke ſo leicht verrathen, widerſtehen bekanntlich dem Kochen und finden ſich bei Verarbeitung des Fleiſchauszuges nach dem *Liebig*'ſchen Verfahren[75]) in dem baſiſchen Bleiacetatniederſchlage wieder, deſſen Darſtellung zur Abſcheidung des Inoſits üblich geworden iſt. Dieſer Bleiniederſchlag läßt ſich durch Auskochen mit Waſſer in zwei Portionen zerlegen: in die Bleiverbindungen, welche in heißem Waſſer löslich und in die, welche darin unlöslich ſind. Zu letzterer Claſſe gehört das Inoſitblei, zu erſterer zählen die Stoffe, welche den typiſchen Geſchmack mancher Fleiſchſorten zu bedingen ſcheinen.

Durch Zerſetzung des in ſiedendem Waſſer löslichen Antheils der baſiſchen Bleiacetatfällung mit Schwefelwaſſerſtoff ſind eine Reihe gut kryſtalliſirender Stoffe aus Fiſch-, Froſch-, Alligator- und Hummerfleiſch erhalten worden[76]), welche in verſchiedene, ebenfalls gut kryſtalliſirende Salze übergeführt, jedoch nicht in der zu einer Elementaranalyſe erforderlichen Menge gewonnen werden konnten. Durch Beſtimmung des Zerſetzungspunktes, ſowie ihres Verhaltens gegen Fällungsmittel und beim Eindampfen mit concentrirter Salpeterſäure ließ ſich nur wahrſcheinlich machen, daß die aus dem Fiſch-, Froſch- und Alligatorfleiſche auf dieſem Wege erhaltenen Subſtanzen Verbindungen darſtellen, aus welchen Taurin künſtlich abzuſpalten und auf welche vielleicht auch das Taurin als Zerſetzungsproduct zurückzuführen iſt, welches aus Froſch- wie Fiſchfleiſch wiederholt gewonnen wurde. Der in ſiedendem Waſſer lösliche Antheil des baſiſchen Bleiacetatniederſchlages aus dem Fleiſchauszuge vom Hummer liefert dagegen einen in ſeinen Eigenſchaften weſentlich abweichenden organiſchen Körper, deſſen lange garbenartig gruppirten Kryſtallnadeln beim Verdunſten der Mutterlauge unter Waſſerverluſt eine rapide moleculare Umlagerung erfahren und dabei in Kryſtalltäfelchen zerſpringen, die bei 270° *C.* noch nicht vollſtändig verkohlen. Kreatin, Taurin und Inoſit

fehlen in den Hummermuskeln, und ſo iſt jene die einzige organiſche Subſtanz, welche in kryſtalliſirtem Zuſtande aus denſelben abgeſchieden wurde und welche auch wohl für den eigenthümlichen Geſchmack des Krebsfleiſches verantwortlich zu machen iſt.

Die Xanthinkörper.

In dem Fleiſche von Fröſchen wie Süßwaſſerfiſchen iſt von *H. Wagner* und mir neben der fraglichen gepaarten Taurinverbindung auch der Körper aufgefunden, welcher von *Weidel* in *Liebig*'ſchem Fleiſchextracte entdeckt und als Carnin[77]) bezeichnet wurde. Das Carnin entwickelt beim Erhitzen über freier Flamme einen charakteriſtiſchen Bratengeruch und documentirt (bei Behandlung mit Bromwaſſer oder beim Erwärmen mit Salpeterſäure) durch den Uebergang in Hypoxanthin ſeine Zugehörigkeit zu den Xanthinkörpern. Die fruchtbaren Arbeiten der letzten Jahre beſtimmen uns, bei der, ſo wichtige Producte des thieriſchen Stoffwechſels umfaſſenden Gruppe der Xanthinkörper etwas länger zu verweilen.

Die Xanthingruppe[78]) zerfällt in drei Abtheilungen, als deren Repräſentanten das Hypoxanthin oder Sarkin ($C_5H_4N_4O$), das Xanthin ($C_5H_4N_4O_2$) und die Harnſäure ($C_5H_4N_4O_3$) anzuſehen ſind. Dem Hypoxanthin reiht ſich an das Carnin ($C_7H_8N_4O_3$) und das Adenin ($C_5H_5N_5$), dem Xanthin das Theobromin (= Dimethylxanthin, $C_7H_8N_4O_2$), das Coffëin oder Theïn (= Trimethylxanthin, $C_8H_{10}N_4O_2$), das Guanidin ($C_5H_5N_5O$), vielleicht noch zwei von *G. Salomon* im menſchlichen Harn gefundene Körper (das mit dem Theobromin iſomere Paraxanthin [$C_7H_8N_4O_2$ nach *E. Fiſcher*] und Heteroxanthin, welches wahrſcheinlich ein Methylxanthin iſt) ſowie (als ein weiteres Iſomere des Theobromins) das von *E. Fiſcher* künſtlich dargeſtellte Dioxydimethylpurin, während die Harnſäure nach dieſer Richtung hin heute noch unvermittelt daſteht. Trotzdem Hypoxanthin, Xanthin und Harnſäure nur durch ein oder zwei Sauerſtoffatome in der Formel von einander abweichen, ließ ſich der zwiſchen ihnen beſtehende nähere Zuſammenhang nicht ermitteln. Die Angaben von *Strecker*, daß Hypoxanthin durch

Behandlung mit Salpeterſäure in Xanthin, Harnſäure in alkaliſcher Löſung durch ſehr natriumarmes Natriumamalgam in Xanthin und Hypoxanthin umzuwandeln ſeien, haben den Nachunterſuchungen von *Rochleder* und *Hlaſiwetz*, von *Koſſel* und *E. Fiſcher* nicht Stand gehalten. Nur in weiter abliegenden Spaltungsproducten, im Alloxan, in der Parabanſäure resp. deren Methylderivaten und in den durch *E. Fiſcher* erſt jüngſt bekannt gewordenen, aber noch nicht eingehender ſtudirten Abkömmlingen des Methylpurins ($CH_3 \cdot C_5N_4H_3$) ſind Ausgangspunkte für alle drei Claſſen ſchon gegenwärtig gegeben. In die Hypoxanthin- und Xanthinreihe iſt durch die neueren Erfahrungen über die Nucleïne noch ein weiterer Einblick eröffnet; denn wie *Koſſel* zeigte, liefern die Nucleïne bei längerem Kochen mit Waſſer oder mit verdünnten Säuren ſowohl Guanin und Xanthin, als auch Adenin und Hypoxanthin. Noch weit vollſtändiger ſind die Wechſelbeziehungen zwiſchen den einzelnen Gliedern ein und derſelben Abtheilung in der Xanthingruppe aufgeklärt worden. So gelang nicht nur die Ueberführung des Carnins in Hypoxanthin *(Weidel)*, ſondern auch das Adenin iſt durch Erwärmen ſeiner Löſung in verdünnter Schwefelſäure mit Kaliumnitrit zum Sieden in Hypoxanthin *(Koſſel)* überzuführen geweſen. Das Guanin geht bei dem Behandeln mit ſalpetriger Salpeterſäure, Löſen des entſtandenen Nitrokörpers in ſiedender Ammoniakflüſſigkeit und ſchließlicher Reduction der Verbindung durch Eiſenvitriol in Xanthin über *(Strecker)*, und dieſes liefert beim Erhitzen ſeiner Bleiverbindung ($C_5H_2N_4O_2Pb$) mit Jodmethyl auf 100° *C.* Theobromin *(E. Fiſcher)*, welches in der Silberverbindung ($C_7H_7N_4O_2Ag + 3\,aq$) weiterhin zu Coffeïn *(Strecker)* zu methyliren iſt. Die Umwandlung des Guanins in Xanthin erfolgt nach *E. Fiſcher* nahezu quantitativ, wenn man 10 gr. Guanin in 20 gr. conc. Schwefelſäure und 150 gr. Waſſer kochend löſt und nach Abkühlung auf 70°—80° *C.* allmählig eine wäſſrige Löſung von 8 gr. käuflichem Natriumnitrit unter ſtarkem Umſchütteln zuſetzt.

Während für die Harnſäure die Murexidprobe, für das Guanin eine jener ſehr ähnliche Farbenreaction charakteriſtiſch iſt, werden das Xanthin und ſeine unmittelbaren Derivate (Theobromin, Paraxanthin, Coffeïn) durch die ſog. *Weidel*'ſche Probe, welche auf der Bildung von Amalinſäure (d. i. Dimethyl-Alloxantin) zu beruhen ſcheint, enger verbunden und dadurch ſowohl von dem Heteroxanthin, Guanin und Dioxydimethylpurin, wie von den Gliedern der Hypoxanthinreihe und der Harnſäure abgetrennt.

Für die Muskelchemie beſitzen von den Xanthinkörpern außer der Harnſäure und dem Carnin nur noch das Hypoxanthin und Xanthin Bedeutung. Hypoxanthin iſt ſowohl aus allen daraufhin unterſuchten Muskeln, als auch aus dem Plasmodium von Aethalium septicum[79]) darzuſtellen geweſen; doch ſind viele dieſer Reſultate belanglos geworden, ſeitdem wir wiſſen, daß ſich Nucleïne in allen zelligen Gebilden finden und Kochen mit Waſſer ausreicht, um aus ihnen Hypoxanthin abzuſpalten[80]). Das Xanthin, von dem friſches Pferdefleiſch nach *Scherer* 0,0026 % enthalten ſoll, wird von dieſem Forſcher auch als ein Beſtandtheil des Fiſchfleiſches angeführt, doch iſt es hierin weder von *Almén* noch von mir aufzufinden geweſen. Die Angaben über das Xanthinvorkommen in den Geweben der Wirbelloſen (nach *J. B. Enz* bei Chrysomela aenea, nach *Ph. Schreiner* bei Melolontha, nach *Reinke* und *Rodewald* in Aethalium septicum), wo überdies die Ablagerungsſtätte desſelben nicht ermittelt wurde, bedürfen ſehr der Beſtätigung, und auch für das Xanthin iſt die für das Hypoxanthin hervorgehobene Möglichkeit, daß, wo es gefunden wird, erſt bei der Verarbeitung des Fleiſches aus Nucleïnen entſtanden iſt, nicht von der Hand zu weiſen.

Inoſin u. Protſäure.

Auf die von *Liebig* im Fleiſchauszuge entdeckte zweibaſiſche Inoſinſäure[81]) ($C_{10}H_7N_2O_{11}$), deren Vorkommen ſpäter von *Gregory* und *Meißner* in Hühnermuskeln, von *Creite* im Fleiſche der Ente, der Gans, der Taube, des Kaninchens und der Katze, von *Lim-*

pricht neben einer anderen, ähnlich conſtituirten ſtickſtoffhaltigen organiſchen Säure im Fiſchfleiſche (bei Plötzen, Häringen und Knorpelfiſchen) nachgewieſen wurde, iſt neuerdings nicht wieder geprüft worden. Nach *Creite* liefern die Muskeln des Huhnes 0,005—0,008 %, die der Ente 0,26 % inoſinſaures Barium, und nach *Meißner* iſt die Menge der Inoſinſäure im Hühnerfleiſch bei Fütterung der Thiere mit Gerſte um das Zehnfache größer als bei Fleiſchfütterung. Die aus Fiſchmuskeln von *Limpricht* dargeſtellte Protſäure[82]) iſt ein undefinirbares Etwas geblieben; ſie ſoll die Zuſammenſetzung und Eigenſchaften eines Eiweißſtoffes beſitzen und ſteht als ein künſtliches Zerſetzungsproduct des ſo veränderlichen Myoſins vielleicht den Hyalinen näher als der Inoſinſäure. — Stoffen, welche in wenig ſcharfer Umgrenzung die Gruppen der Lecithine und Nucleïne ausmachen, begegnen wir in allen thieriſchen Gewebstheilen, den Lecithinen hauptſächlich in den Nerven, und die Anweſenheit dieſer Stoffe in den Muskeln erſcheint demnach ſelbſtverſtändlich, entzieht ſich aber gerade wegen der allgemeinen Verbreitung derſelben jeder ſpeciell vergleichend-phyſiologiſchen Betrachtung des Muskelgewebes.

Anorganiſche Beſtandtheile.

Um alle chemiſchen Beſtandtheile des Muskels durchgegangen zu ſein, erübrigt nur noch die Betrachtung der anorganiſchen Verbindungen, des Waſſer-, Aſche- und Gasgehaltes[83]). Auf S. 308 wurde erwähnt, daß der Waſſergehalt der Muskeln ſich im Allgemeinen umgekehrt proportional als ihr Fettgehalt verhält, und dieſer Satz beſitzt nicht nur für den vom Fettgewebe befreiten Muskel, ſondern auch für die Muskelfaſer als ſolche Gültigkeit. Weiterhin nimmt man als Regel an, daß der Waſſergehalt der Muskeln junger Thiere etwas höher iſt als bei Erwachſenen, derjenige tetaniſirter Muskeln bedeutender als ausgeruhter, höher auch in den Muskeln gehungerter Thiere iſt und bei Wirbelthieren ſich niedriger ſtellt als bei Wirbelloſen. Ebenfalls iſt das Imbibitionsvermögen abgeſtorbener Muskeln von verſchiedenen Thieren

oft ein ſehr ungleiches; bei Fiſchen gewöhnlich beträchtlicher als bei Säugern und Vögeln. Unter Berückſichtigung des ungleichen Fettgehaltes der hämoglobinhaltigen und der hämoglobinfreien Muskeln bei ein und demſelben Thiere bietet der Waſſergehalt derſelben weder nach den Unterſuchungen von *Ranke* am Kaninchen, noch nach denen von *H. Wagner* am Lachs größere Abweichungen als von 1—2 % (zu Ungunſten der fettreicheren hämoglobinhaltigen Muskeln) dar, und in Uebereinſtimmung damit fand auch *Gſcheidlen* für die durch ihren größeren Hämoglobingehalt von intact gelaſſenen leicht zu unterſcheidenden tetaniſirten resp. vergifteten Kaninchenmuskeln (vergl. S. 310) keine anderen Werthe und Schwankungen im Waſſergehalte, als ſolche ſich bei correſpondirenden Muskeln ſchon ohnehin ergaben. Die heutige Literatur will bei den Säugethieren nur das Herz vor den willkürlichen Muskeln durch einen größeren Waſſergehalt ausgezeichnet wiſſen. Bei Verſuchen, von einem anderen Geſichtspunkte aus unternommen, ſind indeß noch immer poſitive Reſultate in Bezug auf einen differenten Waſſergehalt auch bei anderen verſchieden functionirenden Muskeln eines Thieres zu erwarten. Muskeln geben nämlich unter gewiſſen Umſtänden leicht ihr Waſſer ab und erfahren alsdann eine ſehr vollkommene Entwäſſerung ſowohl vital (durch den Kommabacillus bei den Cholerakranken), als auch poſtmortal (z. B. bei mehrſtündigem Liegen in einer Kohlenſäureatmoſphäre *[G. Liebig]*); nach *Falk*'s und *Scheffer*'s Verſuchen an Hunden verlieren die Muskeln im Durſtzuſtande von allen Geweben das meiſte Waſſer, und es würde daher zu unterſuchen ſein, ob bei dieſer Waſſergabe nicht erhebliche Differenzen, den verſchiedenen Muskelarten entſprechend, beſtehen. Haben doch auch die Verſuche *Chossat*'s an Tauben gezeigt, daß im Hungerzuſtande das Herz einen Gewichtsverluſt von etwa 45 % erfährt, die Pectoralmuskeln 53,1 (feucht) resp. 55,0 % (trocken) und die übrigen Skeletmuskeln nur 35,6 resp. 35,9 % ihres normalen Gewichtes einbüßen; iſt zu-

gleich doch auch von *Voit* feſtgeſtellt, daß bei der Katze die willkürlichen Muskeln im Hungerzuſtande ca. 30 % an Gewicht verlieren, das Herz dagegen nur um 2,6 % abnimmt.

Um eine Anſchauung von der quantitativen Zuſammenſetzung der Muskeln zu geben, habe ich unter den Anmerkungen[84]) zwei vollſtändige Fleiſchanalyſen mitgetheilt. Was den Gehalt der Muskeln ſpeciell an Mineralbeſtandtheilen anbelangt, ſo liegen nur für wenige Säugethiere ausführlichere Analyſen vor; dieſe ergeben aber übereinſtimmend, daß von den Salzen des Fleiſches etwa 80 % in die Fleiſchbrühe übergehen *(Chevreul)* und vorwiegend aus Kaliumphosphaten beſtehen *(Liebig)*. Sulfate fehlten in den unterſuchten Fleiſchaſchen vollſtändig *(Berzelius, Liebig)*, auch Natrium war im Ochſenfleiſche ſo ſchwach vertreten, daß es nur auf unvermeidliche Blut- und Lymphbeimengungen bezogen werden kann, und *Weber*'s genauen Analyſen des Pferdefleiſches laſſen ſchließen, daß das Dikaliumorthophosphat in dieſem nicht allein das vorherrſchende, ſondern auch das faſt einzige anorganiſche Salz iſt; bei der ſpontanen Säuerung des Muskels durch Milchſäure wird dasſelbe zum Theil in das ſaure Salz umgewandelt. Aber ſchon bei den Fiſchen beſtehen weſentlich andere Verhältniſſe; bei dieſen herrſchen weit mehr als bei den Säugethieren die Erdphosphate in der Fleiſchaſche vor *(v. Bibra, Schloßberger)*, und nach *Fremy* und *Valenciennes*[85]) trifft man Kaliumphosphate reichlicher nur bei Thieren mit ſehr entwickeltem Knochenbaue an; in den Muskeln der Arthropoden und Mollusken z. B. finden ſich davon nur Spuren.

Von Gaſen enthält der Säugethiermuskel, über den wir auch in dieſer Hinſicht ziemlich ausſchließlich unterrichtet ſind, Kohlenſäure, wenig Stickſtoff und gar keinen Sauerſtoff. Die Bildung der Kohlenſäure, welche im Muskel verſchieden feſt gebunden iſt, findet noch ohne Sauerſtoffzufuhr ſtatt, iſt im gebrühten Muskel ſelbſt nicht ganz erloſchen und ſcheint demnach verſchiedene Quellen zu haben. Die producirte Kohlenſäuremenge ſteigt beim

Erwärmen der Muskeln von Fiſchen und Säugethieren in annähernd gleicher Weiſe bis 34° reſp. 38° C. an und nimmt bei höherer Erwärmung allmählig wieder ab, bei Warmblütern langſamer als bei Fiſchen *(Regnard)*[86]).

Unſere Darſtellung einer vergleichenden Muskelchemie würde unvollſtändig ſein, wenn wir nicht der merkwürdigen Veränderungen gedacht hätten, welche die als Muskelgifte[87]) bezeichneten Stoffe, oft ſchon in minimalſten Doſen angewandt, in Muskeln vorübergehend hervorrufen. Die Toxicologie iſt ein integrirender Theil der chemiſchen Phyſiologie; «unter dem Einfluſſe der Gifte entſtehen in einem Gewebe niemals neue Functionen, ſondern nur einige der normal vorhandenen phyſiologiſchen Gewebseigenſchaften werden durch die Gifte beſonders deutlich für uns zur Wahrnehmung gebracht» *(Cl. Bernard)*. So können durch die toxicologiſchen Erfahrungen nur unſere, auf irgend einem anderen Wege der experimentellen Forſchung erworbenen Ueberzeugungen in erwünſchtem Maaße befeſtigt oder neue Bahnen den chemiſchen, phyſiologiſchen und hiſtiologiſchen Arbeiten eröffnet werden. Wie dürftig auch bis auf den heutigen Tag das Feld der vergleichenden Muskelchemie toxicologiſch beſtellt ſein mag, werthvoll ſind doch manche der bereits gewonnenen Ergebniſſe. Die ſcharfe Abgrenzung zwiſchen Muskeln und formveränderlichem Protoplasma findet eine weſentliche Stütze in der durch *Binz* entdeckten außerordentlichen Empfindlichkeit faſt aller nervenloſen Protoplasmen gegen neutrale Chininlöſungen, in einer Empfindlichkeit, welche ſich nur bei Turbellarien wiederfand, ſonſt aber an keiner Muskelfaſer, ſei es bei Wirbelthieren oder bei Wirbelloſen zur Beobachtung gelangte. Der durch die Verbreitung des Kreatins veranlaßte Gegenſatz zwiſchen den quergeſtreiften Muskeln der Wirbelthiere und den ſämmtlichen Evertebratenmuskeln ſpiegelt ſich in den Wirkungen der Anäſthetika wider, welche bei den Wirbelthieren ausnahmslos das Centralorgan, die Muskeln ungleich ſpäter, oft gar nicht in erſicht- Muskelgifte.

licher Weiſe ergreifen, während ſie bei den Wirbelloſen regelmäßig zuerſt die Muskeln afficiren, dieſe in einen einfachen Lähmungs- oder Reizzuſtand (z. B. die Radiärfaſern um den Pigmentkörpern bei Eledone moschata) verſetzen oder durch gleichzeitig eintretende Starre brettartig hart werden laſſen (z. B. die Hautmuskeln von Hirudo officinalis); nur Unterſucher, welche centrale und periphere Lähmungen nicht auseinander zu halten und eine Muskellähmung nicht zu diagnoſticiren verſtehen, konnten letzteren Ergebniſſen widerſprechen. Auf einem indirecten Wege ſind auch die quergeſtreiften und die glatten Muskeln bei den Wirbelthieren durch Gifte unterſcheidbar zu machen: das Curare lähmt ausſchließlich die Nervenendigungen in den quergeſtreiften, das Atropin mehr oder minder raſch nur die Endapparate der in die glatten Muskeln eintretenden Nerven. Eine den Thierclaſſen entſprechende Sonderung der Muskeln, wie ſolche z. B. der Taurinreichthum bei den Cephalopoden, der coloſſale Harnſtoffgehalt bei den Selachiern mit ſich bringt, läßt ſich auf Grund der bislang ſtudirten Giftwirkungen allerdings nicht treffen; aber eine Verſchiedenartigkeit der chemiſchen Beſtandtheile des Muskelgewebes manifeſtirt ſich (ſowohl bei naheſtehenden Formen wie bei verſchieden functionirenden Faſern) bei Anwendung keiner anderen Mittel ſo deutlich als gerade unter dem Einfluſſe einiger Gifte; ſelbſt die Geſchmacksknoſpen der menſchlichen Zunge vermögen dieſe an Empfindlichkeit für gewiſſe chemiſche Unterſchiede nicht zu überbieten.

So wirken Coffeïn *(Schmiedeberg)* und Veratrin *(Prevoſt)* weit ſchneller und heftiger auf die Skeletmuskeln von Rana temporaria als auf die von Rana esculenta, und bei Hirudo officinalis fand ich nach 20-ſtündigem Verweilen des Thieres in einer 1%igen Atropinſulfatlöſung die Hautmuskulatur vollkommen ſteif und elektriſch unerregbar, während ein nahe verwandter Wurm, Aulastomum Gulo *Moq. Tand.*, nach einem 24-ſtündigen Aufenthalte in einer gleichen Löſung «nur unerheblich alterirt

war, ſich mit beiden Saugnäpfen munter feſt ſaugte und ſich ſpontan fortbewegte» *(C. Arnold)*.

In dem ſpätern Verlauf einer chroniſchen Bleivergiftung bildet ſich (ſowohl beim Menſchen wie bei der Katze, dem Kaninchen und Fröſchen, nicht aber beim Hunde) eine Paralyſe aus; beim Menſchen erſcheint dieſelbe am häufigſten an den oberen Extremitäten (ſelten auch am Halſe oder Rumpfe) und erſtreckt ſich gewöhnlich nicht auf alle Muskeln einer Extremität, ſondern ergreift allemal zuerſt die Extenſoren. Die Beugemuskeln erlangen dadurch ein Uebergewicht und flectiren die Theile nach Innen. Im Widerſpruch mit dieſen Erfahrungen läßt *Grützner* die im Allgemeinen den blaſſen entſprechenden Muskeln (die Flexoren der Extremitäten, die Verengerer der Stimmritze bei den Säugern, die Scheerenöffner bei den Krebſen) — welche zugleich auch leichter ermüden, ſchon durch ſchwächere Reize erregt werden und ſich ſchneller zuſammenziehen als die Extenſoren —, in erſter Linie durch die verſchiedenartigſten Gifte geſchädigt und bei Nervendurchſchneidung am früheſten atrophiſch werden. Es liegt außerhalb des Rahmens unſerer zuſammenfaſſenden Betrachtungen, einer ſolchen offenbar irrthümlichen Verallgemeinerung ungleicher Giftwirkungen bei verſchieden functionirenden Muskeln desſelben Individuums die richtigen Grenzen zu ſtecken; nur daß ein differentes Verhalten beider Muskelarten auch gegen Gifte beobachtet wurde, mußte hier erwähnt und einer genaueren Prüfung empfohlen werden. Andere Muskelgifte (Kupferſalze, Veratrin, Digitalis, Apomorphin, Phyſoſtigmin) hat man ebenfalls auf hiſtiologiſch, reſp. functionell unterſchiedliche Muskeln bei Wirbelthieren wie bei Wirbelloſen einwirken laſſen, doch haben ſämmtliche derartigen Verſuche vergleichend-phyſiologiſche Conſequenzen noch nicht zu ziehen erlaubt.

Die auf S. 277 ſkizzirte Unitätslehre *Gegenbaur's* vindicirt den Ganglien-, Sinnes- und Muskelzellen die gleiche Abſtammung und

den gleichen morphologiſchen Werth. Dieſer Hypotheſe könnte die Wahrnehmung günſtig erſcheinen, daß die Begriffe von Nerven- (d. h. Ganglien-) und Muskelgiften ſich in der Mehrzahl der Fälle inſofern decken, als die Nervengifte gleich den ſpecifiſchen Muskelgiften eine deletäre Wirkung auch auf die Muskelfaſern ausüben und umgekehrt. Verſinnlicht man ſich dieſe Verhältniſſe an dem *Schmiedeberg*'ſchen Schema[88]), indem man ein ſtumpfwinkliges, gleichſchenkliges Dreieck conſtruirt und an dem linken ſpitzen Winkel desſelben die ausgeſprochenen Muskelgifte, an deſſen rechtem ſpitzen Winkel dagegen die exquiſiten Nervengifte ſtellt, ſo kommen die meiſten ſog. Muskel- oder Nervengifte auf verſchiedene Punkte der beiden gleichen Schenkel zu ſtehen: bald mehr nach rechts, bald mehr nach links, je nachdem ſie vornehmlich auf Ganglienzellen oder auf Muskelfaſern einwirken. Wie jedoch *Kühne* am Froſchſartorius gezeigt hat, reagirt die quergeſtreifte Muskelſubſtanz auf Löſungen chemiſch reiner Stoffe (Ammoniak, viele Metallſalze), welche die Nervenfaſern vollkommen ungereizt laſſen, und umgekehrt (Kochſalz in niederen Concentrationen, Glycerin). Dieſe wichtigen Erfahrungen ſind in jüngſter Zeit noch vervollſtändigt durch *Grützner*, welcher am Froſch und am Kaninchen nachwies, daß das ſcheinbar verſchiedene Verhalten der motoriſchen und ſenſibelen Nerven gegen Kochſalzlöſung lediglich darauf beruht, daß durch dieſes Reagenz die Entladung der Reize nicht in «Salven» (wie bei Anwendung von Natronlauge, wo auch an motoriſchen Nerven bald eine faſt gleichzeitige Contraction ſämmtlicher Muskeln auftritt), ſondern nach Art des «Pelotonfeuers» erfolgt, bei welchem die einzelnen Geſchoſſe zu verſchiedenen Zeiten, in den Centralorganen auch an verſchiedenen Punkten eintreffen und ſo ſich die einzelnen Reize nicht ſummiren können.

Bei Erforſchung der phyſikaliſchen und phyſiologiſchen Differenzpunkte hat man ſich bisher an folgende Muskelarten gehalten:

A. Bei Wirbelthieren an die
   1. quergeſtreiften blaſſen oder lediglich durch Lipochrome gefärbten Muskeln, welche anders ſtruirt ſind und auch weniger Glykogen führen ſollen als die
   2. quergeſtreiften, durch Hämoglobin gerötheten Muskeln. Ausgenommen ſind diejenigen, welche den gleichen hiſtiologiſchen Bau wie die blaſſen beſitzen. Unter dieſe Rubrik wird auch der
   3. Herzmuskel mit ſeinen eigenartigen Structurverhältniſſen und ſeinem Inoſitreichthum geſtellt werden müſſen;
   4. glatten Muskeln.

B. Bei Wirbelloſen an die durchgängig kreatinfreien
   1. Schließmuskeln der Bivalven, welchen ſich in ihrem abweichenden hiſtiologiſchen Baue nur noch wenige andere Evertebratenmuskeln anreihen;
   2. Schwanzmuskeln und die ſtructurell davon unterſchiedlichen
   3. ſcheerenſchließenden Muskeln bei den Krebſen;
   4. gelben, durch einen Körper aus der Uranidingruppe gefärbten Flugmuskeln der Inſecten;
   5. Schirmmuskulatur der Meduſen, welche durch ihre Innervationsverhältniſſe und ihre Querſtreifung den quergeſtreiften Vertebratenmuskeln am nächſten tritt.

Contractionserſcheinungen.

Trifft ein (ſelbſt directer) Reiz den lebenden oder lebensfriſchen Muskel, ſo vergeht eine bald längere, bald kürzere Zeit (Stadium der latenten Reizung), bevor der Muskel in den Zuſtand der Verkürzung (Zuckung) übergeht[89]). Die Latenzperiode dauert länger bei Erregung durch ſchwache als durch ſtarke Reize, bei ermüdeten länger als bei geruhten Muskeln und nimmt unter gewöhnlichen Bedingungen mit ſteigender Temperatur ab. Hiermit mag es theilweiſe im Zuſammenhange ſtehen, wenn wir das Latenzſtadium bei Warmblütern (ca. 0,007 sec. nach *Brücke* und *Mendelsſohn*) geringer

als bei den Kaltblütern (bei Froſch und Krebs durchſchnittlich 0,008 sec. *[Richet]*, beim Hummer 0,015—0,02 sec. *[Fredericq* und *Vandevelde]*, bei der Schildkröte 0,02 sec. und beim Fußmuskel von Helix 0,15—0,3 sec. *[Richet]*) finden; aber auch Unterſchiede anderer Art, welche mit der Thierſpecies zuſammenhängen, treten in dieſen Zahlen hervor und es beſtehen ſolche in gleicher Weiſe für verſchiedene Muskeln desſelben Thieres. So fand z. B. *Ranvier* beim rothen musc. semitendinosus des Kaninchens (0,055 sec.) eine mehr als viermal längere Dauer der latenten Reizung als bei dem blaſſen musc. adductor magnus (0,012 sec.); am Scheeren- und Schwanzmuskel von Krebſen dauert das Latenzſtadium nach *Richet* aber gleich lange. Die Muskelzuckung iſt ebenfalls von zahlreichen Nebenumſtänden abhängig, und die ſie darſtellende Curve (Zuckungscurve) kann ſowohl in ihrem aufſteigenden wie in ihrem abſteigenden Theile erheblich variiren; gleich dem Latenzſtadium wird auch der Verlauf der Zuckung durch Kälte, Ermüdung, Alter, unvollkommene Ernährung und durch die Einwirkung gewiſſer Gifte (z. B. des Veratrins, Antiarins und Digitalins) in die Länge gezogen, vor Allem iſt derſelbe aber durch die Natur des Muskelgewebes ſelbſt bedingt.

Ganz allgemein gehalten, darf man ſagen, daß es zwei Arten von Muskelfaſern giebt: die Faſern mit raſcher Contraction und diejenigen mit langſamer Contraction. Aber eine ganze Stufenleiter liegt hier vor, welche nach *Marey* mit den (unter ſich ſchon gewaltige Verſchiedenheiten darbietenden) glatten Muskeln beginnt und, durch unzählige, vielfach combinirte Uebergangsglieder (rothe und blaſſe quergeſtreifte Muskeln, Herzmuskulatur, embryonale und ausgebildete Muskeln etc.), mit den erregbarſten, blaſſen quergeſtreiften Skeletmuskeln der Vögel und den gelben Flugmuskeln der Inſecten abſchließt. Am rapideſten erfolgen die Zuckungen bei den quergeſtreiften Flugmuskeln einiger Inſecten; wie große Differenzen aber auch hier bei verſchiedenen Thieren beſtehen,

lehrt beiſtehende, den Werken *Marey*'s entlehnte Tabelle. *Marey*'s Zahlen ſtimmen für Fliege und Hummel überraſchend gut zu denen, welche *H. Landois* (vgl. S. 336) aus der Tonhöhe des Flügelſchlages berechnet hat, entfernen ſich aber ſehr weit von denen, zu welchen *Rollett* (vgl. die Tabelle) für die ganz andersartig gebauten und weit langſamer functionirenden Beinmuskeln einiger Käfer gelangt iſt[90]).

Zahl der Zuckungen
von gelben Infectenmuskeln nach *Marey*
(pro Secunde):

Stubenfliege	330
Hummel	240
Biene	190
Weſpe	110
Libelle	28
Kohlweißling	9.

Mittelzahlen für die Beinmuskeln der Käfer
nach *Rollett:*

Käfer		Stadium der latenten Reizung	Zuckung	Aufſteigender Curventheil	Abſteigender Curventheil
Dytiscus		0,017	0,112	0,055	0,057
Hydrophilus . . .		0,047	0,350	0,108	0,242
Melolontha . . .		0,075	0,527	0,116	0,411
Verhältniß der Dauer bei	Hydr. Dyt. . . .	2,84	3,13	1,97	4,27
	Mel. Dyt. . . .	4,53	4,71	2,10	7,24
	Mel. Hydr. . . .	1,59	1,50	1,07	1,69

Unter den quergeſtreiften Skeletmuskeln der Wirbelthiere iſt die Zuckungscurve bei den winterſchlafenden Murmelthieren und Schildkröten am gedehnteſten, und ſie verkürzt ſich bei den

Fröſchen, Säugethieren, Fiſchen und Vögeln fortſchreitend mehr und mehr *(Marey)*. Nach *Helmholtz* dauert die Zuckung eines friſchen Froſchmuskels bis 0,2 sec., nach *Marey*'s Curven diejenige eines unermüdeten Muskels am getödteten Kaninchen etwa 0,078 sec.; weit länger iſt der Zuckungsverlauf bei den Herzen der Säugethiere (0,3 — 1,0 sec.) und den Schirmmuskeln der Meduſen *(Romanes)*. Ferner iſt anzuführen, daß nach *Soltmann* ſich die Muskeln der Neugebornen in einer ähnlichen langſamen Weiſe als durch Ermüdung erſchöpfte bei Erwachſenen contrahiren. Die Contractionsdauer der blaſſen Muskeln variirt ſehr; gewöhnlich beträgt ſie 3—5 sec. *(Legros* und *Onimus)*, beim Uterus dehnte ſie ſich (während der Niederkunft) auf 106 sec. aus *(Polaillon)*. Der Fußmuskel von Helix contrahirt ſich noch weit langſamer, und der zeitliche Verlauf ſeiner einzelnen Zuckungsphaſen ließe ſich nur ausdrücken, indem man ſagen würde: das Latenzſtadium währe eine halbe Secunde, das Anſteigen der Contraction dauere eine halbe Minute, und das Erſchlaffen nähme eine halbe Stunde in Anſpruch *(Richet)*. In gleicher Art verlaufen die Erſcheinungen an den Schließmuskeln der Bivalven; bei Anodonta gebraucht derſelbe, um das Maximum der Contraction zu erreichen, nicht weniger als 10 Secunden *(Fick)*. *Bernſtein* ſprach ſchon ſeine Verwunderung darüber aus, daß der gereizte Schließmuskel von Anodonta ſo langer Zeit bedarf, um wieder zu erſchlaffen, und erinnert daran, daß das Schalenöffnen bei den Muſcheln äußerſt langſam, das Schließen aber immer noch verhältnißmäßig ſchnell geſchieht.

Für uns bleibt das Wichtigſte, daß in der Schnelligkeit der Contraction quergeſtreifter Muskeln von ein und demſelben Thiere bedeutende Differenzen obwalten. *Marey* zeigte das zuerſt an Froſchmuskeln, wo die Zuckungscurve des Hyogloſſus ſich viel gedehnter als die des Gaſtrocnemius ausnimmt. Gleiche Verſchiedenheiten beobachtete *Ranvier* an den rothen und blaſſen Kaninchen-

muskeln. *Kronecker* und *Stirling* fanden die *Ranvier*'ſchen Beobachtungen an dem rothen musc. soleus und dem blaſſen musc. gastrocnemius medialis beſtätigt; nach ihren Beſtimmungen beträgt die Zuckungsdauer des blaſſen friſchen Kaninchenmuskels nahezu $^1/_4$ Secunde, die des rothen über $^1/_2$ Secunde, und das Zuckungsmaximum wird vom erſten nach etwa $^1/_{25}$ Secunde, vom rothen nach $^1/_{10}$ bis $^1/_6$ Secunde erreicht. Hinſichtlich der Krebsmuskeln hatte *Marey* angegeben, daß die Contractionen von ſehr ungleicher Dauer ſind; «bisweilen dauern die Bewegungen 20—30 Secunden, zu anderen Malen ſind ſie faſt ſo kurz als die des Froſches». «Es thut Noth», bemerkte *Marey*, «die Bedingungen zu ergründen, welche die Erſcheinungen an derſelben Thierart zu ſo wechſelvollen werden laſſen.» Dieſer Aufforderung iſt zuerſt *Richet* nachgekommen; er fand die Zuckungscurven der Schwanz- und Scheerenmuskulatur beim Flußkrebs ſehr verſchieden, einerlei ob dieſelben auf normalem Wege ſelbſtſtändig entſtanden oder durch einen elektriſchen Reiz künſtlich ausgelöſt worden waren. Bei den Schwanzmuskeln war die Contraction ausnehmend kurz und erinnerte in der Form ſehr an die Zuckungscurve des Froſchgaſtrocnemius. Der Scheerenmuskel zeichnete dagegen eine weit gedehntere Curve auf, die von der des Schwanzmuskels allemal verſchieden war.

Vor wenigen Jahren hat *Cash* gezeigt, daß bei Schildkröten, Fröſchen und Kaninchen verſchiedene Muskeln niemals dieſelbe myographiſche Curve geben, ſondern daß jeder Muskel ſeine eigene Muskelcurve beſitzt (ſ. umſtehende Tabelle), an der er zu erkennen iſt. Selbſt durch Belaſtung war der Charakter des Contractionsmodus nicht zu verwiſchen, und bezüglich der Zuckungscurve des weißen Kaninchenmuskels (m. gastrocnemius medialis) ſtellte ſich als überraſchendes Reſultat heraus, «daß nicht zu den kleinſten Belaſtungen die größten Zuckungswerthe gehören, ſondern daß die Laſt von 100 gr höher gehoben wird als von 50 gr, welche

Mittlere Werthe der Contractionsdauer verfchiedener Skeletmuskeln von Rana esculenta:

1. Musc. hyoglossus . . . . . 0,205—0,3 sec.
2. » rectus abdominis . . 0,17 sec.
3. » gastrocnemius . . . . 0,120 sec.
4. » semimembranosus und gracilis . . . . . 0,108 sec.
5. » triceps femoris . . . 0,104 sec.

Dauer einer Contraction des ifolirten Frofchherzventrikels:

bei 0° *C.* . . . . . 6,0 sec.
» 30° *C.* . . . . . 0,5 sec.

Bei mittlerer (Zimmer-)Temperatur dauert eine Syftole und eine Diaftole etwa 1—1,5 sec.

Contractionsdauer bei maximalen Zuckungen an den Skeletmuskeln des Kaninchens:

1. Musc. soleus (roth) . . . . . etwa 1,0 sec.
2. » gastrocnemius medialis (weiß) 0,25 sec.

Dauer des Herzpulfes beim Kaninchen etwa 0,33 sec.

Zuckungsdauer verfchiedener Skeletmuskeln von Testudo europaea:

1. Musc. pectoralis maj. 1,8 sec.
2. » gluteus (alter) 1,6 sec.
3. » palmaris . . . 1,0 sec.
4. » gracilis . . . . 1,0 sec.
5. » biceps brachii . 0,9 sec.
6. » splenius capitis 0,9 sec.
7. » triceps brachii 0,8 sec.
8. » retrahens capitis et colli . . . 0,75 sec.
9. » extensor digit. c. 0,75 sec.
10. » semimembranosus et adductor 0,6 sec.
11. » omohyoideus . 0,55 sec.

Der Herzpuls bei den Schildkröten dauert etwa 2,5 bis 3,2 sec.

nur gleich hoch gefördert wird wie Gewichte von 300 gr. Erft eine Laft von 500 gr deprimirt merklich das Zuckungsmaximum. Diefes eigenthümliche Verhältniß, welches an Beobachtungen erinnert, die *Fick* an Mufchelfchließmuskeln, *Heidenhain* (vgl. S. 346) an Frofchmuskeln gemacht hat, entfteht dadurch, daß bei einer gewiffen Dehnung Muskelbündel in Wirkfamkeit treten, welche bei minderem Gewichte fchlaff bleiben, und daß ein Theil der Laft, welche vorher als Ueberlaftung wirkte, fomit zur Belaftung wird. — Der dünne rothe musc. soleus wird fchon von geringer Vermehrung feiner Belaftung in feiner Contraction fehr gehindert.

Cash's Beobachtungen[91]) dürften zum Theil darin ihre Erklärung finden, daß die meiften Muskeln Gemifche verfchiedenartiger Fafergattungen darftellen *(Grützner)*, von denen die einen den blaffen, die anderen den rothen Muskeln analog functioniren;

erſteren entſprechen im Allgemeinen die Beuger (ſowie die Öffner der Krebsſcheere und die Verengerer der Stimmritze), letzteren die Strecker (ſowie die Schließer der Krebsſcheere und die Erweiterer der Stimmritze). Wir haben (S. 327) bereits erfahren, daß die Beuger weit mehr den zerſtörenden Einflüſſen (der Gifte, der Paralyſe bei Ueberanſtrengung *[Fiſcher* und *Lücke]* oder nach Nervendurchſchneidung) ausgeſetzt ſind als die Strecker, und weitere Unterſchiede beſtehen zwiſchen beiden Claſſen auch noch darin, daß die Beuger (direct wie indirect) leichter erregbar ſind und ſich ſchneller zuſammenziehen als die reſiſtenteren Strecker, dafür aber auch ſchneller als dieſe ermüden. Der Erſte, welcher in dieſe Verhältniſſe einen Einblick gewann, war zweifellos *Ritter*. Dieſer Forſcher hatte bereits eine phyſiologiſche Verſchiedenheit einzelner Muskelgruppen behauptet und eine geringere, bedingte, endliche Erregbarkeit (die der Beuger) und eine beträchtlichere, unbedingte, unendliche (die der Strecker) angenommen. Seine Annahme bewies ſpäter *Rollett*, welcher zeigte, daß, wenn man den Hüftnerven eines Froſches mit verſchieden ſtarken elektriſchen Strömen erregt, die Beuger weſentlich durch ſchwache, die Strecker (Gaſtrocnemius) dagegen durch ſtarke Ströme gereizt werden. *Fleiſchl* ſah ähnliche Erſcheinungen an den Beinen von Hydrophilus, wo ein einmaliger electriſcher Reiz in gewiſſen Muskeln eine einzige Contraction, in anderen Muskeln aber unter ſehr großer Verzögerung zahlreiche Contractionen auslöſte, und *Luchsinger* wie *Richet* fanden ein ähnliches Verhalten an Muskeln der Krebsſcheere, indem Reizung mit ſchwachen Strömen die Scheeren öffnete, diejenigen mit ſtarken dagegen ſie ſchloß. Für die Muskeln der Neugeborenen hatte ſchon früher *Soltmann* eine geringere directe wie indirecte Erregbarkeit conſtatirt.

Folgt einem Reize ein zweiter, bevor der contrahirte Muskel Zeit zur Erſchlaffung findet, ſo ſupponiren einander die Zuckungen nach den von *Helmholtz* gefundenen Regeln und bilden einen um

so vollkommeneren Tetanus, je größer die Frequenz der Erregung iſt. Die zur Hervorrufung einer conſtanten Zuſammenziehung erforderliche Reizfrequenz muß bei Muskeln mit differenter Zuckungsdauer nothwendig verſchieden ausfallen; folgende Zahlen geben einen ungefähren Begriff, wie viele Reize in der Secunde nöthig ſind, um eine tetaniſche Verſchmelzung der Muskelzuckungen herbeizuführen.

Zahl der für das Zuſtandekommen eines Tetanus erforderlichen Reize (pro Secunde):

Fußmuskeln von Helix pomatia *(Richet)*	0,001 (incomplet)
	0,03 (complet)
Schildkröte *(Marey)*	3
Flußkrebs, Scheerenmuskel im Winter *(Richet)*	6
» » im Sommer »	20
» Schwanzmuskel »	40
Hummer, musc. extensor prim. abdom. *Miln. Edw. (Fredericq* u. *Vandevelde)*	zwiſchen 10 u. 20
Froſch, Hyoglossus *(Marey)*	10
» , Gastrocnemius »	27
» , » ermüdet »	15
Neugeborener Warmblüter *(Soltmann)*	16
Kaninchenmuskel, rother m. semitendinosus *(Ranvier)*	etwa 55
» , blaſſer m. adductor magnus *(Ranvier)*	über 357
» , rother m. soleus *(Kronecker* u. *Stirling)*	4 (incomplet)
	10 (zieml. complet)
» , blaſſer m. gastrocn. med. » » »	20—30
Meerſchweinchen *(Marey)*	60
Vögel »	10
Menſchen, glatte Muskeln *(Marey)*	2
» , quergeſtreifte Musk. *(Marey)*	40
Flügelmuskeln von Insecten *(Landois;* vgl. auch *Marey* S. 331)	
Stubenfliege	über 352
Mooshummel (Bombus muscorum)	über 220
Honigbiene	über 440.

Die ſehr auffallenden Unterſchiede in den Angaben bezüglich der Kaninchenmuskeln beruhen, wie *Kronecker* und *Stirling* vermuthen, möglicherweiſe in gewiſſen Mängeln der Verſuche *Ranvier*'s. Indeſſen ſind, wie *L. Hermann*[92]) bemerkt, die entſprechenden Zahlen für Inſectenmuskeln zu beachten.

Der Ventrikel des Froſchherzens iſt in keinen wirklichen Tetanus zu verſetzen *(Kronecker)*, und ebenſo ſoll ſich der Schirmmuskel der Meduſen (Sarsia) verhalten *(Romanes)*.

Den tabellariſch zuſammengeſtellten Befunden ſei noch hinzugefügt, daß *Rollett* ſich an den Beinmuskeln von Hydrophilus, Melolontha und Dytiscus ebenfalls überzeugen konnte, daß die Muskeln mit gedehnter Zuckungscurve ſchon wenige Einzelzuckungen in der Secunde zu einem vollkommenen Tetanus zuſammenſetzen, während die raſch zuckenden Muskeln dies erſt bei höherer Reizfrequenz thun; auch die Form der vollkommenen Tetanuscurve erwies ſich für beide Muskelarten als charakteriſtiſch verſchieden.

Nach den Unterſuchungen von *Richet* beſtehen zwiſchen verſchiedenen Muskeln auch ſehr bemerkenswerthe Differenzen in der Dauer des Tetanus. *Richet* beobachtete, daß an den Schwanzmuskeln des Flußkrebſes, wenn ſie in einen phyſiologiſchen Tetanus gerathen, ſchon nach 50 Zuckungen der Contractionszuſtand abnimmt; die Muskulatur erlahmt und iſt nach weniger als einer Minute nicht mehr reizbar. Ganz anders verhielt ſich der Scheerenmuskel. Hatte dieſer nicht ſogleich das Maximum der Contraction erreicht, ſo zog er ſich bei gleichbleibender Reizſtärke noch länger als eine Minute mehr und mehr zuſammen; ſein Tetanus blieb ſtändig im Anſteigen begriffen. Wie bei zeitweiſer Unterbrechung der Stromzufuhr leicht feſtzuſtellen iſt, läßt ſich an den Scheerenmuskeln der Tetanus durch electriſche Reize (2 pro sec.) 10 bis 12 Minuten hindurch unterhalten; nach ſo langer Reizung erſchlafft aber der Muskel nicht wieder, ſondern bleibt durch eintretende Starre im Contractionszuſtande fixirt. «Es beſteht hier», ſagt *Richet*, «ein intereſſanter Cauſalnexus zwiſchen der Leiſtungsfähigkeit der Muskeln und ihrer phyſiologiſchen Beſtimmung. Der Schwanz des Krebſes bedarf keines andauernden Tetanus, denn ſeine Function beſteht darin, raſch zuſammenzuſchlagen und ſich ſofort wieder zu ſtrecken; aber der vornehmlich zum Greifen dienende Scheeren-

muskel kann des Vermögens nicht entbehren, ohne Unterlaß längere Zeit tetaniſirt zu bleiben.»[93])

Im Anſchluß an dieſe Beobachtungen beſtimmte *Richet* die Dauer des Tetanus an frei präparirten Muskeln verſchiedener Thiere und erhielt dabei folgende allgemeinen Werthe:

	Erlöſchen des Tetanus:
Schwanzmuskulatur des Flußkrebſes	in 1 Minute.
Froſchgaſtrocnemius (im Sommer) .	» 12 Minuten.
Schildkrötenmuskel	» 40 »
Muskel vom Hund	» 5 »
Fußmuskel der Weinbergsſchnecke .	» 1 Stunde.
Scheerenmuskel des Flußkrebſes .	» $1^1/_2$ Stunden.

Als keine vergleichend-phyſiologiſche Ausblicke zur Zeit gewährend, übergehen wir die einzelnen Arten, welche von tetaniſchen Contractionen unterſchieden ſind, erwähnen im Vorübergehen, daß anhaltende Muskelcontracturen nach einmaliger Reizung (*Schiff*'s idiomusculäre Zuckungen oder auch Myooedeme genannt) bei Wirbelloſen (z. B. bei Meduſen, am Mantel des Octopus von *Fredericq*, am Fußmuskel der Weinbergsſchnecke von *Richet* ſowie am Herzen derſelben von *Biedermann* beobachtet) etwas völlig Normales ſind, bei den Säugethieren aber nur Abſterbephänomene zu ſein ſcheinen, und wenden uns ſofort zu den Fortpflanzungserſcheinungen der Contractionen längs der Muskelfaſer.

Höchſt wahrſcheinlich beſitzen die verſchiedenen Muskeln desſelben Thieres eine ebenſo verſchiedene Leitungsgeſchwindigkeit als ihre Zuckungsdauer verſchieden iſt; denn die unten (von *L. Hermann*) zuſammengeſtellten Werthe lehren, «daß die Leitungsgeſchwindigkeit ähnliche Unterſchiede zeigt wie die Dauer des Zuckungsvorgangs. Im quergeſtreiften Warmblütermuskel am größten, ſinkt ſie beim Kaltblüter, und iſt bei der Schildkröte kleiner als beim Froſch. Am Herzen iſt ſie bedeutend kleiner als an anderen

quergeſtreiften Muskeln, und bildet hier den Uebergang zu der ſehr langſam leitenden glatten Muskulatur» *(L. Hermann)*[94]).

Object	Geſchwindigkeit, gemeſſen an der			Beobachter
	Contractionswelle	Erregungswelle	negativen Phaſe	
Menſchlicher Muskel im lebenden Körper	—	—	10—13 m.	*Hermann*
Hunde- u. Kaninchenmuskel ausgeſchnitten	—	3,6 m.	2—6 m.	*Bernſtein* u. *Steiner*
Froſchmuskel ausgeſchnitten	um 1—1,2 m.	1—1,2 m.	—	*Aeby, v. Bezold, Engelmann, Place* u. A.
»	—	3—5 m.	—	*Bernſtein, Valentin, Hermann*
»	—	—	3 m.	*Bernſtein*
Schildkrötenmuskel ausgeſchnitten . . .	0,57 m.	—	—	*Aeby*
» . . .	—	1,8 m.	—	*Hermann*
Herzmuskel	> 0,1 m.	—	—	*Marchand*
»	0,01—0,03 m.	—	bis 0,049 m.	*Engelmann*
Ureter	0,025 m.	—	—	*Engelmann*
Meduſenſchirm . . .	0,5 m.	—	—	*Romanes*

Allgemeine Erregbarkeit.

Gleich allen übrigen lebenden Geweben beſitzt auch der Muskel Irritabilität und beantwortet die ihn direct oder indirect (durch Vermittlung von Nerven und Ganglien) treffenden Reize durch Contractionen. Dieſes Vermögen erhält ſich nach dem Tode des Thieres oder nach Lostrennung aus dem natürlichen Verbande an verſchiedenen Muskeln ungleich lange; gewöhnlich verſchwindet es (in Folge der Begünſtigung der die Gewebe deſtruirenden chemiſchen Zerſetzungsproceſſe) bei höherer Temperatur raſcher als bei niedriger. Wie die Verſuche von *Anderſon*[95]) am Kaninchenherzen in ſo ſchlagender Weiſe gelehrt haben, iſt bei Säugethiermuskeln die Erhaltung der Irritabilität weſentlich an eine normale Durchlüftung der Gewebe geknüpft, weit mächtiger noch erweiſt ſich dabei aber der chemiſche und anatomiſche Bau der Muskeln

ſelbſt. Denn nur ſo iſt es erklärbar, daß die Skeletmuskeln der meiſten Fiſche (vielleicht mit alleiniger Ausnahme mehrerer Muraeniden, deren Muskeln bei 20° *C.* noch 18 Stunden nach dem Tode reizbar gefunden wurden *[Richet]*), obgleich dieſe doch auch zu den Kaltblütern gehören, außerordentlich bald ihre Reizbarkeit einbüßen, daß bei den Wirbelthieren Theile des Herzmuskels (ultimum moriens Halleri) gewöhnlich länger irritabel bleiben als die Skeletmuskeln, und daß der Schwanzmuskel des Flußkrebſes ſelbſt im Winter nicht länger als 2 Tage, im Sommer aber nur 2 oder 3 Stunden reizbar bleibt, während der Scheerenmuskel den Tod des Thieres im Sommer noch um 12 oder 15 Stunden, im Winter aber um 5 Tage überlebt *(Richet)*.

Auch der Grad der Erregbarkeit kann für Muskeln verſchiedener Thiere wie für verſchiedene Faſergattungen eines Individuums (vgl. S. 335) ein ſehr ungleicher ſein. Bei Anwendung eines *du Bois*'ſchen Schlittenapparates ſah z. B. *Richet* an den Scheerenmuskeln des Krebſes Zuckungen eintreten, wenn die Inductionsrolle 11 cm von der Hauptrolle entfernt ſtand; Froſchmuskeln zuckten ſchon bei einem Abſtande von 22 cm, der Fußmuskel von Helix aber erſt bei einem Abſtande von 2 cm.

Vielen fundamentalen Eigenthümlichkeiten, welche ſich bei electriſcher Erregung von Wirbelthiermuskeln herausgeſtellt haben, iſt man ſowohl an den glatten Muskeln von Wirbelthieren, als auch an den quergeſtreiften der Krebſe ſpäter wieder begegnet. So beſtätigten z. B. ſämmtliche Erfahrungen den Satz, daß im Allgemeinen die Oeffnung eines Kettenſtromes für irritable Gebilde einen ſchwächeren Reiz darſtellt als die Schließung. Nur die durch ihre hiſtiologiſche Structur (vgl. S. 360) ſchon an ſich ſo merkwürdigen graugelben, glaſigen Schließmuskelfaſern der Bivalven ſchienen eine Ausnahme zu machen. Für den gelben Antheil am vorderſten Abſchnitte des hintern Schließmuskels der Anodonta wies erſt *Biedermann*[96]) nach, daß die normwidrigen Abweichungen

(Contraction ausſchließlich bei Oeffnung eines genügend ſtarken Stromes, nicht bei Schließung desſelben; Unfähigkeit in Tetanus verſetzt zu werden), welche an dieſen Muskelbündeln beobachtet waren, nur auf einem ſchwer zu beſeitigenden Tonus derſelben beruhen, und daß, wenn man wirklich erſchlaffte Muskeln zu den Verſuchen verwendet, ausnahmslos auch eine Schließungscontraction erfolgt, während die Reaction bei der Oeffnung entweder ganz fehlt oder nur angedeutet erſcheint und ſich lediglich durch die Verzögerung der Wiedererſchlaffung des Muskels verräth.

Nimmt der Schließmuskel der Bivalven durch die Erſcheinung der Dauercontraction, welche ſowohl bei Schließung wie bei Oeffnung eines Stromes ſich einſtellt, immerhin eine Sonderſtellung der quergeſtreiften und glatten Muskulatur der Wirbelthiere gegenüber ein, ähnelt er auch letzteren durch die eigenthümliche Trägheit der Reaction mehr als den erſteren, ſo ſtimmt derſelbe im Zuſtande möglichſter Erſchlaffung hinſichtlich ſeines Verhaltens bei electriſcher Reizung doch in allen weſentlichen Punkten am beſten mit den quergeſtreiften Skeletmuskeln der Wirbelthiere überein. Ganz wie bei einem monomeren quergeſtreiften Muskel löſt an ihm ein electriſcher Strom weder Schließungs- noch Oeffnungserregung aus oder wirkt wenigſtens viel ſchwächer erregend, ſobald der Aus- reſp. Eintritt desſelben durch eine Schicht abgeſtorbener contractiler Subſtanz erfolgt, und ganz wie bei einem monomeren quergeſtreiften Muskel geht auch hier die Erregung von dem Orte aus, wo der Strom aus der lebendigen Muskelſubſtanz aus-, beziehungsweiſe in dieſelbe eintritt. Während aber z. B. am Froſchſartorius bei normalen Erregungsverhältniſſen im Augenblick der Schließung wie auch bei Oeffnung des Stromes (falls dieſe als Reiz wirkt) eine Contractionswelle ſich von der Kathode reſp. Anode aus mit großer Geſchwindigkeit durch die ganze Länge des Muskels fortpflanzt und zur Entſtehung einer zu beiden Seiten der fixirten Mitte annähernd gleich ſtarken Schließungs-

oder Oeffnungszuckung führt, ſehen wir (ähnlich dem Verhalten wenig erregbarer, erſchöpfter Sartoriuspräparate) an dem Muſchelmuskel in der Regel nur eine mehr oder minder beſchränkte, örtliche Dauercontraction auftreten, ganz entſprechend der Schließungs- und Oeffnungsdauercontraction quergeſtreifter Muskeln. Aber auch darin beſteht noch ein Unterſchied zwiſchen dem Schließmuskel und den monomeren Skeletmuskeln der Wirbelthiere, daß die nach einſeitiger Verletzung letzterer bewirkte Herabſetzung der Erregbarkeit für Schließung atterminaler und Oeffnung abterminaler Ströme bis zum völligen Abſterben des Muskels keine erhebliche Veränderung erkennen läßt, während bei dem Muſchelmuskel der anfangs höchſt auffallende Unterſchied der Wirkungsweiſe beider Stromesrichtungen ſich allmählig (gewöhnlich in 2 bis 3 Stunden) ausgleicht und ſchließlich unmerklich wird.

Elaſticität. Von den Elaſticitätskräften[97]) iſt für die vergleichende Muskelphyſiologie gegenwärtig nur die Zugelaſticität belangreich; die Compreſſibilität der Muskeln wurde noch nicht geprüft und auch die Unterſuchungen über Zugelaſticität blieben ziemlich ausſchließlich auf ausgeſchnittene Froſchmuskeln in der Faſerrichtung beſchränkt. Die eigenthümliche Schwächung des Extenſibilitätsvermögens, welche der Herzmuskel der Wirbelthiere durch Digitalin erfährt, ſtellt zwar den Elaſticitätsbeſtimmungen an verſchieden functionirenden Muskeln von differentem hiſtiologiſchen und chemiſchen Gefüge werthvolle Aufſchlüſſe über die ſpecifiſchen Unterſchiede der einzelnen contractilen Faſergattungen in Ausſicht. Uebrigens verändert ſich aber der Dehnungscoefficient eines Muskels in Folge der fortwährenden chemiſchen Veränderungen faſt jeden Augenblick; derſelbe iſt keineswegs eine ſo conſtant bleibende Größe, wie *Ranvier* glaubte, und ganz beſonders ſchwierig an ſolchen Muskeln zu beſtimmen, die durch ganglionäre Einflüſſe noch lange nach dem Tode toniſch erregt bleiben und deshalb auch die ſog. elaſtiſche Nachwirkung in exquiſitem Maaße zeigen. So

fand z. B. *Fick* für den geſammten hinteren Schließmuskel von Anodonta folgende Abnahmen der elaſtiſchen Kräfte, bei welchen jedoch weder die Zuſammenſetzung des Muskels aus zwei contractilen Faſergattungen, noch der Nachlaß eines anfangs vorhandenen Tonus mitberückſichtigt wurde:

Belaſtung	Zeit	Stand des Zeigers
Verſuchsreihe I:		
1,7 gr.	11 h. 12′ a. m.	55,6
	» 17′	53,5
	» 19′	52,3
	» 23′	52,1
	» 27,5′	51,8
	» 31′	51,6
	» 33′	51,5
	» 37′	51,5
2,5 gr.	» 40,5′	33,2
	» 43′	32,5
1,7 gr.	11 h. 45,5′	32
	» 46,5′	40,8
	» 49′	42,4
	4 h. 7′ p. m.	46,7
	» 19′	48,5
Verſuchsreihe II (mit der vorigen nicht genau vergleichbar):		
1,0 gr.	0′	37
50,0 gr.	1′	19,5
1,0 gr.	2′	29,5
	3′	29,5

NB. Jeder Theilſtrich der Skala entſpricht etwa $^1/_3$ mm. Muskellänge, und in der erſten Verſuchsreihe maß beim Stande des Zeigers bei 32 die längſte Muskelfaſer 11 mm.

Die Scheerenmuskulatur der Krebſe weicht von den Skeletmuskeln der Wirbelthiere ſehr bemerkenswerth darin ab, daß während letztere bei Reizung aus dem Erſchlaffungszuſtande unmittelbar in's Zuckungsmaximum übergehen, an den Scheerenmuskeln durch variirend ſtarke Ströme leicht ſämmtliche Uebergänge in den Contractionen hervorgerufen werden können. Mit dieſer, von mir bereits 1877 gefundenen, von *Richet*[98]) ausdrücklich hervorgehobenen Eigenthümlichkeit des Krebsſcheerenmuskels wird es jedenfalls auch in irgendwelcher Beziehung ſtehen, wenn die Zuckungscurven des Scheerenmuskels bei ungleicher Belaſtung desſelben nicht nur in ihrer Höhe, ſondern auch in ihrer Form ſehr verſchiedenartig ausfallen, während bei Froſchmuskeln die Form der Curve in weiten

Grenzen ganz unabhängig von der Spannung iſt» *(Fick)*. Für die nicht toniſch erregten Skeletmuskeln des Menſchen und des Froſches beſtätigten faſt alle ſpäteren Unterſucher das von *Wertheim* formulirte und für die feuchten thieriſchen Gewebe allgemein gültige Geſetz, demgemäß ſich die Verlängerung nicht einfach proportional den Belaſtungen verhält, ſondern nach der Formel: $y^2 = ax^2 + bx$ (wo y = Dehnung, x = Belaſtung iſt und a wie b Conſtanten bedeuten) erfolgt; dieſe Gleichung iſt die einer Hyperbel, ihre Aſymptote erſt würde dem Dehnungsgeſetz unorganiſcher Körper entſprechen.

Die Verſuche und zuſammenfaſſenden Arbeiten von *Félix Plateau* haben ergeben, daß die verkürzende Kraft der Muskeln

Abſolute Muskelkraft, in Grammen ausgedrückt und reducirt auf ein □ctm. Muskelquerſchnitt.

Wirbelthiermuskeln	Schließmuskeln von Bivalven *(Plateau)*		Scheerenſchließer von Krabben *(Plateau)*
Menſch:	Venus verrucosa	12,431	Carcinus maenas von Roscoff (linke Scheere) 1,336,7
Wadenmuskeln *(Koster)* 9,000—10,000	Pectunculus glycimeris	10,152	
Fußſtrecker *(Henke* und *Knorz)* 5,900	Mytilus edulis	7,984	Carcinus maenas v. Oſtende (ead.) 1,182
Unterſchenkelbeuger *(Haughton)* 7,780	Ostrea hippopus	6,365	
Armbeuger (id.) 6,670	Tapes decussatus	6,106	Platycarc. pagurus(ead.) 1,026
» rechts *(Henke* und *Knorz)* 8,991	Ostrea edulis	5,867	
» links (id.) 7,380	Pecten maximus	3,786	Carc. maenas v. Oſtende (rechte Scheere) 961,6
» Mittel (id.) 8,178	Tellina solidula	3,667	
» rechts und links *(Koſter)* 7,400.	Donax anatinus	3,651	Carc. maenas v. Roscoff (ead.) 858
	Cardium edule	2,856	
Froſch:	Solen ensis	1,953	Platycarc. pagurus(ead.) 688,9
Muskel tetaniſirt *(Roſenthal)* 2800—3000	Mya arenaria	1,178	
» zuckend *(Hermann)* 400.	Mactra stultorum	958	
	Anodonta cygnea	702,6	
	Pecten opercularis	530	

bei verſchiedenen Thieren erhebliche Abweichungen darbietet, daß die abſolute Muskelkraft[99]), welche uns bei einer vergleichend-phyſiologiſchen Betrachtung der contractilen Gewebe vorwiegend intereſſiren muß, bei den Brachiuren relativ ſchwach, größer beim Froſche, noch bedeutender beim Menſchen iſt, und daß die Schalenſchließer der Bivalven — wahrſcheinlich weil ſie, was von *Plateau* leider nicht beachtet wurde, meiſt aus zwei ganz differenten Faſergattungen beſtehen — ſich ſehr verſchiedenartig verhalten (vgl. beiſtehende Copie der von *Plateau* verfaßten Ueberſichtstabelle).

Abſolute Muskelkraft und Hubhöhe.

Als «abſolute Muskelkraft» bezeichnete bekanntlich *Eduard Weber* das Gewicht, welches an den Muskel gehängt genau ausreicht ſeine Verkürzung zu verhindern. Dieſe äußerſte Grenze der Muskelenergie iſt unabhängig von der Länge der contractilen Faſern, ſie wächſt dagegen proportional deren phyſiologiſchem Querſchnitt. Um die Beſtimmungen vergleichbar werden zu laſſen, mußten dieſelben daher auf eine Querſchnittseinheit reducirt werden, und als ſolche wurde bei den in der Tabelle mitgetheilten Reſultaten ein Quadratcentimeter angenommen.

Wird das von einem Muskel gehobene Gewicht («Belaſtung») mit der Höhe, auf welche es gehoben wurde («Hubhöhe»), multiplicirt, ſo erhält man die von dem Muskel «geleiſtete Arbeit». Dieſes Product wird durch mannigfache Umſtände beeinflußt (Dicke, Länge, Ermüdung der Muskeln, Reizſtärke etc.), und es iſt wenig Ausſicht vorhanden, daß ſich durch umfaſſendere Beſtimmungen der geleiſteten Muskelarbeit Reſultate von größerem vergleichend-phyſiologiſchen Intereſſe ergeben werden. Um ein Beiſpiel dafür zu liefern, wie ſehr die geleiſtete Arbeit bei verſchiedenen Reizſtärken ſchwankt und wie ähnlich hinwiederum die Zahlen bei den verſchiedenartigſten Muskeln ausfallen können, laſſe ich drei Tabellen folgen, von welchen ſich die erſte auf neuere Verſuche von *Roſenthal* an Froſchmuskeln bezieht, die zweite und dritte die Beſtimmungen *Richet's* an Muskeln zweier Flußkrebſe zuſammenfaſſen.

I. *Rosenthal*'s Verfuchsreihe am Frofchmuskel:

Gewicht	10	20	40	60	80	100	120	150	180
Hubhöhe	24	26,5	24	20	17,25	26,5	19	21	9,5
Geleiftete Arbeit .	240	530	960	1200	1380	2650	2280	1800	1710

II. *Richet*'s Verfuchsreihe am erften Krebsmuskel:

Gewicht	Abftand der Inductionsrollen in Centimetern							
	8	7	6	5	4	3	2	1
	Geleiftete Arbeit							
2 gr.	6,8	14	16	16	16	16	16	16
10 »	18	60	80	80	80	80	80	80
20 »	18	76	116	136	140	140	140	140
50 »	0	40	135	165	175	185	200	170
100 »	0	0	20	110	140	130	180	190
150 »	0	0	0	0	15	75	90	90

III. *Richet*'s Verfuchsreihe am zweiten Krebsmuskel:

Gewicht	Abftand der Inductionsrollen in Centimetern										
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	Geleiftete Arbeit										
2 gr.	0,4	0,8	4	9	19	19	19	19	19	19	19
10 »	0	5	15	38	95	95	95	95	95	95	95
20 »	0	0	28	76	120	190	190	190	190	190	190
50 »	0	0	45	195	295	475	475	475	475	475	475
100 »	0	0	0	60	240	310	360	420	430	430	?
150 »	0	0	0	0	0	255	240	360	360	390	365

Die von *Fick* zuerft am Schließmuskel von Anodonta, fpäter aber auch an tetanifirten Frofchmuskeln beobachtete Erfcheinung, daß größere Laften höher gehoben werden als kleinere, erklärt fich nach *Heidenhain* aus einer durch die größere Kürze und Dicke des thätigen Muskels bedingten Elafticitätsabnahme (vgl. S. 334).

Electrifche Erregbarkeit.

Wie vorauszufehen war, fanden *Fredericq* und *Vandevelde du Bois'* Gefetz des Muskelftromes auch für die Streckmuskeln des

Hummerabdomens beſtätigt. Sie beobachteten die größte poſitive Spannung am Aequator, die größte negative in der Mitte des Muskelquerſchnitts; bei Verbindung der beiden Querſchnitte oder zweier, vom Aequator gleich weit entfernter Stellen erhielten ſie keinen Strom, wohl aber, wenn die Längsſeiten mit einem Punkte des Querſchnitts oder mit zwei vom Aequator ungleich entfernten Punkten verbunden wurden. Bei Prüfung des Ruheſtromes am Schließmuskel von Anodonta war *Fick* (1863) zu dem gleichen Reſultate gelangt. Er ſah, daß der natürliche und künſtliche Längsſchnitt ſich zum künſtlichen Querſchnitt poſitiv verhielt, doch ſchien ihm die electromotoriſche Wirkſamkeit des Muſchelmuskels ſtets beträchtlich kleiner als die Wirkſamkeit des Froſchmuskels. *Biedermann* lehrte, daß die electromotoriſche Kraft des Schließmuskels von Anodonta relativ raſch abnimmt, wennſchon nicht ſo ſchnell als die des Froſchherzens nach *Engelmann*, und findet für dieſe Erſcheinung eine Erklärung darin, daß ebenſo wie bei den glatten Muskelfaſern der Wirbelthiere, der während des Lebens beſtehende leitende Verband an den freigelegten Stellen weit früher als bei den quergeſtreiften Muskeln gelockert wird, wie denn auch der Schließmuskel durch ſeine im Allgemeinen geringere electromotoriſche Wirkſamkeit ſich dem Herzmuskel und der glatten Muskulatur der Wirbelthiere anſchließt.

Wir wiſſen, daß der Muskelſtrom während der Contraction ſchwächer wird und daß man dieſe Erſcheinung als «negative Schwankung des Muskelſtromes» bezeichnet hat; auch dieſe negative Stromſchwankung iſt, wie man wohl annehmen darf, mit jedem Contractionsvorgange unabänderlich verknüpft, doch ihr Nachweis nicht ſelten mit außerordentlichen Schwierigkeiten verbunden, und war deshalb auch *Fick* am Schließmuskel von Anodonta nicht geglückt. *Fick* meinte ſogar, «daß man ſich darauf gefaßt zu machen habe, in dem Muſchelmuskel ein irritabeles Gebilde kennen zu lernen, deſſen Zuſammenziehung ohne Verminderung ſeiner

electromotoriſchen Wirkſamkeit verlaufe»; an dem musc. extern. prim. abdominis des Hummers haben aber *Fredericq* und *Vandevelde* die negative Schwankung des Muskelſtromes nachweiſen können.

Schließlich liegen noch einige bemerkenswerthe Reſultate über den gelben Faſerantheil des hinteren Anodonta-Schließmuskels bezüglich ſeiner ſecundär electromotoriſchen Erſcheinungen nach anhaltender electriſcher Reizung von *Biedermann* vor. Die Beobachtungen *Hering*'s am quergeſtreiften Muskel der Wirbelthiere hatten dargethan, daß die unter Umſtänden äußerſt ſtarken electromotoriſchen Wirkungen, welche nach vorhergehender kürzerer oder längerer Durchſtrömung beobachtet werden, in innigſter Beziehung zu den Erregungserſcheinungen ſtehen, und daß insbeſondere die von *du Bois-Reymond* als «poſitiv» bezeichneten gleichgerichteten Nachſtröme lediglich als der galvaniſche Ausdruck der in der Umgebung der Anode localiſirten Oeffnungsdauercontraction aufzufaſſen ſind, ein Reſultat, zu welchem gleichzeitig auch *Hermann* gelangte. Ein weiteres Ergebniß der Unterſuchungen *Hering*'s war die Conſtatirung der Thatſache, daß «eine innere Polariſation des Muskels, im Sinne *du Bois-Reymond*'s», nicht nachweisbar iſt, weder eine poſitive noch eine negative, indem «der weſentliche Sitz der durch den Reizſtrom geſetzten Veränderungen nur diejenigen Stellen der contractilen Subſtanz ſind, an welchen der Strom ein- oder austritt». *Biedermann* zeigte nun, daß hinſichtlich der anodiſchen Polariſation des (im erſchlafften Zuſtande zu den Verſuchen verwendeten) Muſchelmuskels eine ziemlich weitgehende Uebereinſtimmung mit den entſprechenden Erſcheinungen am quergeſtreiften Froſchmuskel beſteht, daß ſich dies bezüglich der durch Veränderungen der kathodiſchen Stellen des Schließmuskels erzeugten ſecundär-electromotoriſchen Erſcheinungen aber weſentlich anders verhält. Dieſelben ſind bei dem quergeſtreiften Skeletmuskel ziemlich einförmig und beſtehen nach *Hering* im Weſentlichen immer

nur aus einſinnigen und zwar negativen, mehr oder minder ſtarken Nachſtrömen. Zwar ſah *Hering* »bisweilen an ganz friſchen Muskeln nach der erſten Reizung äußerſt ſchwache Ausſchläge des Magneten im Sinne einer poſitiven kathodiſchen Polariſation«, aber dieſe Wirkungen waren immer ſo geringfügig und traten gegenüber den anderen ſo ſehr in den Hintergrund, daß von einer genaueren Unterſuchung derſelben vorerſt abgeſehen wurde. Nach *Biedermann* ſind es gerade dieſe poſitiv kathodiſchen Nachſtröme, welche an dem electriſch gereizten Muſchelmuskel unter Umſtänden ſo deutlich hervortreten, daß man ſie als eine der poſitiv anodiſchen Polariſation völlig gleichwerthige Erſcheinung aufzufaſſen berechtigt iſt, die das Intereſſe in um ſo höherem Grade auf ſich zieht, als etwas Aehnliches, abgeſehen von den erwähnten ſchwachen Wirkungen am Froſchſartorius, bisher an Muskeln nicht beobachtet wurde.

Die chemiſchen Eigenthümlichkeiten gewiſſer Muskeln laſſen weit mehr die ſyſtematiſche Stellung der betreffenden Thierſpecies als die Natur der contractilen Faſergattung errathen; außer in den Pigmenten und dem differenten Glykogengehalte ſind z. B. bei den rothen und blaſſen quergeſtreiften Muskeln keine charakteriſtiſche chemiſche Unterſchiede nachzuweiſen geweſen, während die Cephalopoden-, die Selachier- und die quergeſtreiften Wirbelthiermuskeln durch eine chemiſche Analyſe doch leicht erkannt werden können. Es reden dieſe Erfahrungen gewiß ſehr der Auffaſſung das Wort, daß ſelbſt der reiche Gehalt einiger Muskeln an den ſog. ſtickſtoffhaltigen Extractivſtoffen mit dem Contractionsvorgange direct nicht in Beziehung ſteht, ſondern daß für einen derartigen Stoffverbleib in den Geweben nur eigenthümliche Retentionsverhältniſſe verantwortlich zu machen ſind. Daher kommt es denn auch, wenn Muskeln verſchiedener Thiere, ohne irgendwie ins Gewicht fallende functionelle Verſchiedenheiten darzubieten, zu ſehr abweichenden analytiſchen Reſultaten führen, oder wenn die functionellen und

	Stadium der latenten Reizung	Dauer der Zuckung resp. Form der Contractionscurve	Dauer des anfeigenden Curventheiles	Dauer des abfallenden Curventheiles	Zur tetanischen Verschmelzung der Zuckungen erforderliche Reizfrequenz pro sec.	Erlöschen des Tetanus (*Richet*)	Dauer der Reizbarkeit (*Richet*)	Grad der Erregbarkeit Zuckung erfolgt bei einem Abstande der Inductionsrollen von
Rothe Muskeln des Kaninchens	0,055 sec. (*Ranvier*)	über 0,5 sec.	0,1 0,17 sec.	etwa doppelt so lang als bei den weißen	55 (*Ranvier*), 1 (incompl.) u. 10 (cpl.) (*K.* u. *St.*)			
Weiße Muskeln des Kaninchens	0,012 sec. (*Ranvier*)	nahezu 0,25 sec.	0,04 sec.		über 357 (*Ranv.*) 20—30 (*K.* u. *St.*)			
Scheerenschließmuskel der Krebse	durchschnittlich 0,008 sec. (*Richet*)	Curve sehr gedehnt			6 im Winter, 20 im Sommer (*Richet*) 10—20 (*Fredericq*)	in 1½ Stunden	12—15 Stund. (im Sommer), 5 Tage (im Winter)	11 ctm.
Schwanzmuskel der Krebse	0,015 0,002 (*Fredericq*)	Curve ausnehmend kurz (ähnlich der des Frosch sartorius)			40	in 1 min.	nicht länger als 2 Tage (im Winter), 2—3 Stunden (im Sommer)	
Beinmuskeln von Melolontha	0,075 sec.	0,527 sec.	0,116 sec.	0,411 sec.				
Gelbe Flugmuskeln von Musca domest.		0,0028 sec.			über 352			
Fußmuskel von Helix pomatia	0,15 0,3 sec.		½ min.	½ Stunde	0,001 incompl., 0,03 compl.	in 1 Stunde		2 ctm.

texturellen Qualitäten der Muskeln in greifbareren chemiſchen Unterſchieden keinen Ausdruck finden. Differentes Leiſtungsvermögen und verſchiedenes hiſtiologiſches Gefüge decken ſich bei den contractilen Geweben allemal weit beſſer als eines derſelben mit den gröberen Abweichungen im chemiſchen Baue.

Das wird ſofort klar werden, wenn wir an der Hand der vorſtehenden Tabelle, welche die in dieſem Abſchnitte erörterten phyſikaliſchen und functionellen Differenzen zwiſchen den verſchiedenartigen Muskeln ein und desſelben Thieres reſumirt, die hiſtiologiſchen Eigenthümlichkeiten der einzelnen contractilen Fasergattungen durchgegangen sein werden.

Es giebt in der Biologie kaum eine einzige Claſſification, welche nicht ihre Ausnahmen zuzulaſſen hätte: Natura non facit saltus macht ſich hier überall geltend! Wird man deshalb aber auf jede Eintheilung verzichten, wenn man ſieht, daß eine ſolche an dieſem oder jenem Punkte die Objecte nicht genugſam umgreift, an dieſer oder jener Stelle ein klein wenig über das abzugrenzende Territorium hinausgeht? Ich glaube nicht. Jede noch ſo unvollkommene Eintheilung hat in der Biologie ihren Nutzen gebracht, vorausgeſetzt, daß ſie von einem neuen Geſichtspunkte ausging, und man ſich befleißigte, die Ausnahmen von der Regel kennen und deuten zu lernen.

An ſinnigen Ueberlegungen und glücklichen Ideen hat es bei der Claſſification des Muskelgewebes nie gefehlt, und der dadurch gewonnene weite Blick in das Weſen des Contractilen wird ſich jedenfalls noch erweitern und vertiefen, wenn die einzelnen Muskelarten beſſer bekannt geworden ſind als heute. Hier hat jeder Eintheilungsverſuch reiche Früchte getragen, wennſchon keiner derſelben pedantiſch durchzuführen war oder durchführbar bleiben wird. So unterſcheidet man ſeit lange zwiſchen willkürlichen (animaliſchen) und unwillkürlichen (organiſchen), zwiſchen quergeſtreif-

ten und glatten, zwiſchen athermoſyſtaltiſchen und thermoſyſtaltiſchen Muskeln; keiner Eintheilung läßt ſich eine Berechtigung ganz abſprechen, keine derſelben kommt allen Anforderungen nach!

Was nun ſpeciell das anatomiſche Verhalten betrifft, ſo führten die Unterſuchungen zur Aufrechthaltung folgender verſchiedener Gruppen von Muskelfaſern:

A. Muskeln der Wirbelthiere.
   1. Quergeſtreifte Muskeln.
      a) Weiße oder durch Lipochrome gefärbte Faſern mit ſchnell erfolgender, aber auch raſch nachlaſſender Verkürzung.
      b) Durch Hämoglobin geröthete Faſern mit langſam eintretender und langſam ſchwindender Verkürzung.
      c) Veräſtelte Faſern (Herz, Zunge etc.).
   2. Glatte Muskeln.

B. Muskeln der Wirbelloſen.
   1. Quergeſtreifte Muskulatur.
      a) Feinere blaſſe Faſern mit kürzerer Zuckungsdauer (z. B. die Schwanzmuskeln der Krebſe).
      b) Stärkere blaſſe Faſern mit trägerer Contraction (z. B. die Scheerenſchließmuskeln der Krebſe).
      c) Veräſtelte Faſern (z. B. bei Arthropoden und im Herzen von Gaſtropoden).
      d) Gelbe Flugmuskeln der Inſecten.
   2. Doppeltſchräggeſtreifte Muskulatur.
   3. Glatte Muskulatur.

Quergeſtreifte Muskeln von gewöhnlichem Baue.

Nach den neueſten Unterſuchungen von *Rollett*[100]) beſteht der vom Sarkolemma umſchloſſene Inhalt der quergeſtreiften Muskelfaſer aus zwei Theilen: erſtens aus dem hyalinen oder feinkörnigen, oft ſtellenweiſe regelmäßig (zu den *Retzius*'ſchen Querfadennetzen und zu zarten Häuten, welche dieſe in der Längsrichtung der Faſer miteinander verbinden) verdichteten Sarkoplasma, welches, wie der Name andeuten ſoll, dem Protoplasma nahe ſteht und

einen außerordentlich hohen Grad von Plaſticität beſitzen muß; zweitens aber aus den, der Länge nach gegliederten Fibrillen, welche gruppenweiſe zu ſtrang-, band- oder röhrenförmigen Bündeln (den ſog. Muskelfäulchen, die ihren Eigenſchaften nach einer einheitlich verdickten Fibrille gleichen) verwachſen ſind.

Das Sarkoplasma füllt alle von den Fibrillenbündeln freigelaſſenen Räume aus; es ſtellt das Querbindemittel für die Muskelfäulchen vor und iſt ebenſo in der Längsrichtung zwiſchen allen Muskelfäulchen continuirlich vorhanden. Von den beobachteten Querſtreifen erſcheinen die Querſcheiben (Q *Rollett*'s, disques épais *Ranvier*'s), *Engelmann*'s Nebenſcheiben (N *Rollett*'s, Körnerſchichten *Flögel*'s, disques accessoires *Ranvier*'s) und die Zwiſchenſcheiben (Z *Rollett*'s, disques minces *Ranvier*'s) doppeltbrechend, mehr oder minder aniſotrop iſt auch die Mittelſcheibe *Henſen*'s (h *Rollett*'s, Querlinie *Krauſe*'s), während der von *Rollett* mit E bezeichnete Streifen zwiſchen Z und N, ſowie der mit J bezeichnete zwiſchen N und Q, *Ranvier*'s bandes claires, ſich als einfachbrechend verhalten. Alle von *Rollett* mit großen Buchſtaben bezeichneten Querſtreifen entſprechen einer ſubſtantiellen Gliederung der die Muskelfaſer zuſammenſetzenden Fibrillen, und ſpeciell die Querſtreifen N müſſen als eigene, durch die Fibrillengliederung bedingte, wenn auch nur temporär in beſtimmten Zuſtänden des Muskels vorhandene Schicht anerkannt werden. Doch iſt zu berückſichtigen, daß die unter der Bezeichnung «Scheiben» von *Engelmann* und beſonders von *Ranvier* den iſotropen Schichten der Muskelfaſern entgegengeſtellten aniſotropen Lagen immer artefacte Producte einer Zerlegung der Muskelfaſer und nicht morphologiſch präformirte Beſtandtheile derſelben ſind, während die Fibrillen oder Fibrillenbündel als präformirte Beſtandtheile der quergeſtreiften Muskelfaſer aufgefaßt werden müſſen. Der Streifen h beſitzt in keinem Zuſtande der Muskelfaſer den Grad von Selbſtſtändigkeit, welcher anderen, mit großen Buchſtaben bezeichneten Querſtreifen

temporär zukommt, wenn dieſelben auch mit Rückſicht auf den Wechſel der verſchiedenen phyſiologiſchen Zuſtände im Muskel völlig vergänglich ſind. Der Streifen h (*Retzius'* Querfadennetz zweiter Ordnung) wird ebenſo wie Streifen E durch die ſarkoplasmatiſche Verbindungsmaſſe der Muskelfäulchen hervorgerufen und, wenn ich *Rollett* recht verſtehe, dadurch indirect auch Z (*Retzius'* Querfadennetz erſter Ordnung) zum Ausdruck gebracht.

Obgleich ſich *Rollett's* Anſichten vorwiegend auf Beobachtungen an blaſſen Coleopterenmuskeln gründen, ſo kommt denſelben doch zweifellos eine allgemeinere Geltung zu. An den quergeſtreiften Wirbelthiermuskeln z. B. überzeugt man ſich leicht von der Inconſtanz der einzelnen Querſtreifen, und auch an den verzweigten Muskelfaſern des Gaſtropodenherzens (Zeugobranchier und Trochiden) bemerkte *Haller*[101]), daß die «Querſtreifung erſt allmählig auftritt, indem ſich glänzende Kügelchen ausſcheiden, die dann, in den nebeneinander liegenden Faſern in gleicher Höhe liegend, die Querſtreifung veranlaſſen».

Naſſe[102]) gelangte bei ſeinen Unterſuchungen über die quergeſtreiften Muskelfaſern zu dem Ergebniſſe, daß anatomiſche Uebergänge zwiſchen dieſen und den glatten Faſern im Thierreiche nicht zu beſtehen ſcheinen, daß z. B. die von *Simroth* an dem retractor oculi der Pulmonaten geſehenen vermeintlichen Querſtreifen nur durch dicht aneinander liegende Contractionsknoten vorgetäuſcht waren. Als weſentliche und conſtante, anatomiſch unterſcheidbare Theile betrachtet *Naſſe* die Querſcheiben und (obwohl er die Mittelſcheibe nur bei Vertebraten, Arthropoden und bei Sagitta zu Geſicht bekam) die Zweitheilung derſelben; ferner auch die Anweſenheit der Zwiſchenſcheiben. Die Nebenſcheiben ſah er nur bei Vertebraten (mit Ausnahme des Amphioxus) und Arthropoden. Von der aniſotropen Subſtanz der Querſcheiben, welche Myoſin iſt, ſoll ſich die Mittelſcheibe chemiſch ſehr verſchieden verhalten; denn dieſe tritt noch in Faſern auf, deren Myoſin durch

Säuren oder Salze ſtark gequollen, ja in Krebsmuskeln ſelbſt noch dann, wenn nach Behandlung mit concentrirter Salzſäure jede ſonſtige Aniſotropie völlig erloſchen iſt.

Die hiſtiologiſchen Unterſuchungen an verſchieden functionirenden quergeſtreiften Muskelfaſern ein und derſelben Thierſpecies ſind nur in beſchränktem Maaße entſcheidend ausgefallen. «Alle diejenigen Muskeln», ſagt *Grützner*[103]), «welche eine kurze Contractionsdauer haben, beſtehen größtentheils aus viel dünneren Muskelfaſern als diejenigen, welche eine lange Contractionsdauer beſitzen. Die Muskelbündel des Gaſtrocnemius ſind in ihrer überwiegenden Mehrheit viel dicker als die der Tibialisgruppe, die Erweiterer des Kehlkopfes haben viel dickere Bündel als die Verengerer, namentlich als diejenigen Faſern des musc. vocalis, die in unmittelbarer Nähe des inneren Randes des Stimmbandes liegen; am augenfälligſten aber iſt der Unterſchied bei den Inſektenmuskeln. Die ſchnell ſich contrahirenden Flügelmuskeln ſind geradezu zarte Fädchen gegenüber den langſam ſich contrahirenden, ſtrickartigen Beinmuskeln. Erſtere haben aber auch, gewiſſermaßen wie eine dünne Saite, mehrere hundert Male in der Secunde zu ſchwingen und ſich zuſammenzuziehen, letztere außerordentlich viel ſeltener und langſamer.» Dieſe Verhältniſſe treffen jedoch, wie *Grützner* ſchon gefühlt haben mag, nicht allemal zu; vergleichende Beſtimmungen an hämoglobinhaltigen und hämoglobinfreien Skeletmuskeln des Kaninchens und der Fiſche (vgl. Tabelle auf S. 356) haben zu dem gerade entgegengeſetzten Ergebniſſe geführt, und auch die Anſicht von *Carl Sachs*[104]) —, deſſen Verſuche ſich auf verſchiedene Thierarten (Warm- und Kaltblüter) beziehen - , daß Beziehungen zwiſchen der abſoluten Muskelkraft, welche ſchon an ſich keine ſichere Vergleiche geſtattet, und der Höhe der *Merkel*'ſchen Muskelelemente exiſtiren, iſt ſehr unwahrſcheinlich geworden, ſeitdem *Engelmann*[105]) für die Muskeln verſchiedener Inſectenformen nachwies, daß mit der Höhe der Muskelelemente ihre phyſiologiſche

	Faſerdicke (in mm.)	Faſerlänge (in mm.)	Form und Zahl der Kerne	Höhe der Muskelelemente (in mm.)	Beobachter
Rothe Kaninchenmuskeln	0,0184—0,0207		zahlreicher als in den weißen *(Ranvier)*	0,0023—0,0031	*Hewlett Brown* (unpublicirt)
Weiße Kaninchenmuskeln[1])	0,0414—0,0506			0,0018—0,0023	
Hämoglobinhaltige Skeletmuskeln vom Lachs	0,0233—0,067 (gewöhnlich 0,046)		kurze, runde Kerne neben den ſehr vereinzelten dünneren und längeren Formen, welche auch in den rhodophanhaltigen Muskeln vorkommen	0,0023 (ſehr ſelten unter 0,002)	*Hewlett Brown* (unpublicirt)
Rhodophanhaltige Skeletmuskeln vom Lachs	0,0816—0,106 (ſehr ſelten unter 0,05)		gekrümmte Kerne, länger, kürzer aber kaum zahlreicher als die in den dunkelrothen Faſern	0,0016—0,0019	
Hämoglobinhaltige Skeletmuskeln von Luvarus	0,05—0,08	12,5—14,5	viele große Kerne	die rothen Faſern feiner quergeſtreift als die bläulichen	Graf *B. Haller* (*Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. I. Reihe. 4. Abth. 1881. S. 9)
Meerblaue Skeletmuskeln von Luvarus	0,1	10—24,5	Kerne ſehr ſpärlich und klein		
Hämoglobinh. Muskeln der Seitenfloſſe vom Rochen	0,06—0,09		ſehr viele in longitudinalen Reihen gelagerte Kerne	deutlich quergeſtreift	*Ranvier* (Laboratoire d'histologie. Travaux de l'année 1874. p. 10)
Weiße Muskeln vom Rochen	0,150—0,180		weniger zahlreich und zerſtreut liegende Kerne	ſchwach quergeſtreift	
Scheerenſchließer vom Flußkrebs			Kerne ſtark granulirt, bisweilen mit 2 Kernkörperchen. Breite: 0,0072—0,0252; Länge: 0,0252—0,0342. Einige Kerne vollk. rund	0,003	*H. Häckel* (unpublicirt)
Schwanzextenſoren vom Flußkrebs[2])			Kerne ſtets länglich, Breite: 0,009 bis 0,018; Länge: 0,0216—0,0306	0,0018—0,0024	
Scheerenſchließer vom Hummer	ohne weſentlichen Unterſchied und ſehr variirend		auf Querſchnitten ſchwankt die Zahl bei beiden Muskeln zwiſchen 3 und 6	0,003	*H. Häckel* (unpublicirt)
Schwanzextenſoren vom Hummer				0,0015—0,0018	

Doppeltschräggestreifter glasiger Antheil des Schließmuskels der Auster	0,0055—0,009; überwiegende Mehrzahl: 0,007		Breite der Kerne: 0,003; Länge der Kerne: 0,004—0,006	0,0008—0,0012 *(Schwalbe)*	*H. Häckel* (unpublicirt)
Schniger Antheil des Schließmuskels der Auster[3])	durchschnittlich: 0,009; vereinzelt: 0,002—0,015		Breite der Kerne: 0,003; Länge der Kerne: 0,004—0,005 (also etwas kürzer als die vorigen!)	fehlen	
Rothe Byssalmuskeln bei	Nassa	0,009—0,010			*G. Schwalbe* (Arch. für mikr. Anat. Bd. 5. S. 238 Anm. 2)
	Chiton, Patella	0,007—0,008			
Doppeltschräggestreifte Muskeln von Ophiothrix fragilis	0,0108—0,0144		Kerne gleich. Länge: 0,0036 bis 0,0055; Breite: 0,0018 bis 0,0027	0,0016—0,0018; auch solche von 0,0009	*G. Schwalbe* (ibid. S. 210—214)
Glatte Muskeln von Ophiothrix fragilis	0,0036—0,0054			fehlen	
Gelbe Flugmuskeln des Maikäfers	0,0192				*H. Landois* (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 17. 1867. S. 133)

[1]) *O. Nasse* (Zur Anatomie u. Physiologie etc. S. 69) fand beim Kaninchen 6 Muskelelemente in Muskeln von kürzerer Zuckungsdauer, den Gemelli, denselben Raum einnehmen wie 5 Elemente des trägeren Soleus. Nach *Ranvier* (Leçons d'anat. gén. sur le système musc. Paris, 1880. p. 206) ist die Querscheibe in den beiden Muskelarten beim Kaninchen gleich hoch; die dichtere Streifung in den weißen demnach durch ein Uebergewicht der Querscheiben bedingt. *Nasse* (a. a. O., S. 70 u. 71) hält indeß beim Kaninchen die Querscheiben des rothen Soleus für, wenn auch nur unbedeutend, höher als die der weißen Gemelli. — Ein weiterer Unterschied zwischen den rothen und weißen Kaninchenmuskeln besteht noch darin, daß in den rothen Muskeln die longitudinal verlaufenden Aeste der Blutgefäßcapillaren Sinuositäten, die transversal aufsteigenden Aeste spindelförmige Erweiterungen bilden (*Ranvier*, Laboratoire d'histologie. Travaux de l'année 1874. p. 165—169).

[2]) *E. Häckel* (*Müller's* Archiv. 1857. S. 495) sah die Höhe der Muskelemente beim Flußkrebs zwischen 0,002 und 0,010 mm. variiren. Beim Krebs ist nach *Nasse* (a. a. O., S. 69) die Querscheibe des trägern Muskels ganz merklich höher als die des lebhaftern; feiner Zeichnung nach übertrifft das Muskelelement des Scheerenschließers das des untern Schwanzmuskels in der Höhe ums Doppelte.

[3]) *G. Schwalbe* (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 5. S. 231 ff.) fand für den doppeltschräggestreiften Theil des Austerschließmuskels eine Faserdicke von 0,006—0,009 mm., für dessen fehnigen Antheil aber eine solche von 0,021—0,033 mm.

Verſchiedenheit, insbeſondere ihre Contractionscurven nicht in Beziehung gebracht werden können. Hieraus geht bereits hervor, daß die texturellen Verſchiedenheiten der Muskeln mit raſcher und langſamer Contraction bei verſchiedenen Thierformen keineswegs entſprechende ſind; denn wie die vorſtehende Zuſammenſtellung lehrt, iſt der Ausſpruch von *Naſſe*[106]), daß «bei derſelben Thierſpecies mit Abnahme der Höhe der Muskelelemente die Contraction an Schnelligkeit zunimmt», in ſeiner Verallgemeinerung ebenſo falſch als der oben angeführte Satz *Grützner*'s. Es iſt richtig, daß beim Kaninchen die rothen und weißen Muskelfaſern nicht nur in der Faſerdicke, in der Höhe der Muskelelemente, in der Form, vielleicht auch in der Zahl der Kerne, ſondern ſogar in der Blutverſorgung von einander abweichen; aber einige der Unterſchiede gleichen ſich ſchon bei den hämoglobin- und rhodophanhaltigen Skeletmuskeln des Lachſes ziemlich aus, und bei den Scheerenſchließern und den Abdominalmuskeln der Krebſe ſchlagen dieſe Verhältniſſe theilweiſe ins Gegentheil um. Ein durchgreifender hiſtiologiſcher Unterſchied iſt bei Muskeln mit verſchiedener Länge der Zuckungscurve noch nicht gefunden und wird, wie die bekannt gewordenen Thatſachen zu ſchließen erlauben, auch nicht erſt noch zu entdecken ſein.

Gelbe Inſectenmuskeln.

Der Anſicht von *Naſſe*, daß den gelben Thoraxmuskeln der Insecten[107]) durch *G. R. Wagener* «der Nimbus der Eigenartigkeit» geraubt ſei, vermag ich nicht beizuſtimmen. Ich erinnere daran, daß dieſe Muskeln nicht allein durch ihren rapiden fibrillären Zerfall *(W. Krause)*, durch ihre in 0,6 %iger Kochſalzlöſung wie in Waſſer raſch zu durchſichtigen Kugeln aufquellenden Zwiſchenkörner *(Naſſe)* von allen anderen quergeſtreiften Faſern abſtechen, ſondern daß das Leben in ihnen auch ſo eminent raſch verſiegt, daß es ſelbſt den ſorgfältigſten Unterſuchern (wie *Koelliker*, *Kühne*, *Henſen*, *Weismann*, *Merkel*) im günſtigſten Falle nicht gelang, mehr als momentan erlöſchende Contractionen an den Muskeln wahrzu-

nehmen. *Rollett* bemerkt mit Recht, daß die mit Tracheen reich durchſetzten und deshalb von einigen Forſchern auch für fettig degenerirte Faſern gehaltenen Flugmuskeln der Inſecten «in ihrem Baue von den anderen quergeſtreiften Muskeln dieſer Thiere ſo weſentlich verſchieden ſind, daß aus den Beobachtungen an den einen nicht Schlüſſe auf das Verhalten der anderen gezogen werden dürfen». Eingehendere Unterſuchungen werden allerdings erſt noch zu zeigen haben, worin das Charakteriſtiſche des feineren anatomiſchen Gefüges dieſer ſo wunderbaren Muskeln, deren abſolute Kraft ſeit den Verſuchen von *Félix Plateau*[108]) meiſt zu hoch angeſchlagen wird, zu ſuchen iſt.

Veräſtelte Muskelfaſern.

Eine weitere Modification der quergeſtreiften Muskelſubſtanz bilden die verzweigten und oft netzartig verbundenen Fäden, welche die Herzmuskulatur von Wirbelthieren wie von Wirbelloſen (z. B. bei Arthropoden, bei Asteracanthion *[G. Schwalbe]* und nach *Haller* auch bei Mollusken) zuſammenſetzen. In der Zunge des Froſches waren ſchon in den fünfziger Jahren derartige Muskelfaſern mit unter ſpitzen Winkeln ſich wiederholenden Theilungen aufgefunden. Später entdeckte man ſie in dem gleichen Organe der Säugethiere und traf bei einigen derſelben in den Lippen und Schnauzen die nämliche Varietät unſeres Gewebes an; auch die Lymphherzen der Wirbelthiere zeigen eine ähnliche Muskelſtructur.

Ueber den feineren Bau der Zungen- und Lippenmuskulatur ſind wir viel mangelhafter unterrichtet als über die gut durchforſchte Faſerung des Herzfleiſches. Die Herzmuskeln weichen von den gewöhnlichen Arten der quergeſtreiften Muskulatur hauptſächlich in folgenden Punkten ab: 1. anaſtomoſiren ihre Hauptfaſern mit einander durch Zwiſchenglieder, 2. ſind ihre Faſern frei von Sarkolemm oder dieſes iſt wenigſtens ſo dünn und zart, daß es nicht in der Weiſe wie das der Skeletmuskeln hervortritt, und 3. ſtellen ſie keine einheitliche Faſern dar, ſondern ſind aus einer großen Zahl einfacher Zellen zuſammengeſetzt, die durch Kittſub-

ſtanz verbunden ſind. Letzterer Umſtand iſt inſofern von Bedeutung, als Reize, welche eine Stelle des Herzens treffen, ſich auf ſämmtliche Muskelfaſern übertragen.

Abgeſehen von drei oder vier Ausnahmefällen weichen die Herzmuskeln auch darin von den quergeſtreiften Skeletmuskeln ab, daß ſie zuſammen mit der glatten Muskulatur die Gruppe der unwillkürlichen oder organiſchen Muskeln ausmachen, während bekanntlich die übrigen quergeſtreiften Muskeln als willkürliche oder animaliſche charakteriſirt zu ſein ſcheinen. Durch *E. H. Weber* kennt man aber eine weitere Ausnahme von letzterer Regel; *Weber* fand, daß, abweichend von allen übrigen Wirbelthieren, bei der Schleie (Tinca chrysitis) auch im Darme quergeſtreifte Muskeln vorkommen, von denen es zwar nicht direct bewieſen, aber doch wohl ſehr wahrſcheinlich iſt, daß ſie der Willkür nicht unterworfen ſind. Nach dieſen Befunden wird die Annahme kaum noch umgangen werden können, daß die verſchiedene Abhängigkeit der Muskeln vom centralen Nervenſyſtem nicht in der Structur des Muskels, ſondern lediglich in der Verbindung der hinzutretenden motoriſchen Nerven mit den Cerebroſpinalapparaten begründet liegt. Wenn der Wille, ſagt *Richet*[109]), das Herz durch den Vagusnerven nicht ſtill zu ſtellen vermag, ſo beruht das nicht darauf, daß die Beziehungen des Vagus zum Herzen andere ſind, als z. B. die des Phrenicus zum Zwerchfell, ſondern der Grund liegt allein darin, daß der Vagus nicht wie der Phrenicus willkürlich erregbar iſt.

Doppeltſchräggeſtreifte Muskelfaſern.

1869 beobachtete *Guſtav Schwalbe* an den Interambulacralmuskeln von Ophiothrix fragilis, in den graugelben glaſigen Schließmuskeln der Bivalven, wie auch an den Muskeln von Asteriscus, Arenicola, Lumbricus, in der Mundmaſſe von Helix u. ſ. w. eine äußerſt zierliche Muſterung der contractilen Subſtanz. Dieſe wurde durch Linienſyſteme hervorgerufen, welche nicht etwa eine Quer- oder Längsſtreifung darſtellten, ſondern

ſchräg, als ob zwei ſich kreuzende Syſteme von Spiralfaſern um den Muskelcylinder herumliefen, von einer Seite der Faſer zur andern hinüberzogen. Die Linienſyſteme erſchienen hell und die zu Schrägreihen gruppirten quadratiſchen Felder zwiſchen ihnen dunkel und ſtark lichtbrechend. *Schwalbe* war der Anſicht, daß bei dieſen, von ihm als «doppeltſchräggeſtreift»[110]) bezeichneten Muskelfaſern ebenſo wie bei der quergeſtreiften Muskulatur der Wirbelthiere und Arthropoden der contractile Theil zwei Subſtanzen enthalte, eine einfach- und eine doppeltbrechende, daß dieſelben dort nur eine andere Anordnung zeigen als bei dieſen Thieren; die dunklen Quadrate der doppeltſchräggeſtreiften Muskeln würden unzweifelhaft der aniſotropen Subſtanz *Brücke*'s entſprechen, während die hellen Linienſyſteme als aus einfachbrechender Subſtanz gebildet anzuſehen wären.

Derartige Structurverhältniſſe waren ſchon vor *Schwalbe* an Muskeln wiederholt geſehen, ſo z. B. von *Trinchese* bei Ophiura texturata, von *Margo* bei Octopus, von *G. Wagener* am Schließmuskel von Lima, aber von keinem Beobachter richtig gedeutet und hinlänglich gewürdigt worden. Speciell für die Schließmuskeln der Bivalven zeigte *Schwalbe*, daß dieſelben aus zwei verſchiedenartigen Muskelfaſern beſtehen können; entweder ausſchließlich aus doppeltſchräggeſtreiften (wie z. B. der große hintere Schließmuskel von Solen vagina) oder daneben noch in mehr oder weniger ſcharfer Begrenzung aus fibrillären Faſern (z. B. bei Ostrea und Anomia), welche ein ſehnenartiges Ausſehen beſitzen und zuvor als band- oder ſehnenartiger Theil des Schließmuskels den Knochenbändern der Wirbelthiere verglichen waren; drittens giebt es aber auch noch Schließmuskeln, welche (wie z. B. die beiden von Mytilus edulis) lediglich aus den fibrillären Faſern beſtehen.

Nach *Schwalbe* ſind die doppeltſchräggeſtreiften Muskeln und die in nicht geringer Anzahl daneben vorkommenden Faſern von geringerer Dicke und ohne erkennbare Differenzirung in den Inter-

ambulacralbündeln von Ophiothrix fragilis nicht weſentlich verſchieden; an den dünnen Muskelfaſern, ſo meinte er, ſei nur deshalb nichts von der Schrägſtreifung zu erkennen, weil ſie durch die Zuſatzflüſſigkeiten leichter verändert werden als die dickeren. Bezüglich der weißlichen fibrillären und der graugelben glaſigen, doppeltſchräggeſtreiften Schließmuskeln der Bivalven iſt *Schwalbe* jedoch anderer Anſicht. «Die ſo bedeutende Verſchiedenheit des Baues der fibrillären und doppeltſchräggeſtreiften Muskelfaſern deutet hier auf eine verſchiedene Function hin. Vergleicht man nun auch den Act des Schalenſchließens bei der Auſter und der Miesmuſchel, ſo ſieht man, daß bei erſterer derſelbe auf Einwirkung äußerer Reize plötzlich und raſch geſchieht, bei Mytilus dagegen ſehr langſam und allmählig, ſo daß man bei offenſtehenden Schalen bequem die Schließmuskeln durchſchneiden kann, ohne daß dabei, wie es bei der Auſter geſchieht, das Meſſer eingeklemmt wird.» «Ich möchte deshalb glauben», ſagt *Schwalbe*, «daß die doppeltſchräggeſtreiften Faſern der Auſter mehr für plötzlich und energiſch auszuführende Bewegungen eingerichtet ſind, während die fibrillären Faſern vielleicht den feſten Schluß beſorgen, der hier nur durch andauernde Contraction zu erzielen iſt».

Die doppeltſchräggeſtreiften Muskeln ſind ſpäter nur noch von *Engelmann* zum Gegenſtande der Unterſuchung gemacht. Dieſer Forſcher will gefunden haben, daß bei Anodonta der gelbliche wie der weißliche Abſchnitt des hintern Schließmuskels einen entſchieden fibrillären Bau beſitzt, daß die iſolirten Fibrillen (bei einer conſtanten Dicke von 0,0004—0,0006 mm) doppeltbrechend und zwar poſitiv einaxig ſind, daß von einer Zuſammenſetzung derſelben aus abwechſelnd iſotropen und aniſotropen Stücken keine Spur zu finden iſt; «die Faſern ſind optiſch durchaus homogen und nur die interfibrilläre Subſtanz, die ſchwächer lichtbrechend iſt, wirkt nicht merklich auf den polariſirten Lichtſtrahl ein». Die Doppeltſchrägſtreifung der Muskeln ſoll nur darauf beruhen, daß

ſtark lichtbrechende homogene Fibrillen in entgegengeſetzt gewundenen, aber gleich ſteilen Spirallinien um die Längsaxe der Faſern herumlaufen; denn die Streifen ſollen an den Kreuzungsſtellen in verſchiedenem Niveau liegen und der Winkel (α genannt), unter dem die Streifen ſich ſchneiden, mit zunehmender Verkürzung der Faſern wachſen. «Man muß», ſagt *Engelmann*, «bei ſtarker Vergrößerung (500 — 1000 mal) die Mikrometerſchraube um ein ſehr merkliches Stück drehen, um von der ſcharfen Einſtellung des einen Streifen zu der des andern überzugehen. Dies dürfte nicht der Fall ſein, wenn die oben angeführte *Schwalbe*'ſche Anſicht von der Urſache der Schrägſtreifung die richtige wäre.»

Jede doppeltſchräggeſtreifte Faſer beſteht nach *Engelmann* demnach aus zwei Syſtemen von Fibrillen, welche in zur Faſerrichtung parallelen concentriſchen Lagen, entgegengeſetzt gewundene Schraubenlinien um die Faſeraxe beſchreiben und deren Verkürzung nicht, wie nach morphologiſcher Analogie wahrſcheinlich wäre, in der Richtung ihrer eigenen Längsaxe, ſondern parallel der Längsaxe der Faſer, alſo der Zelle erfolgt. Hiermit ſoll nun auch im Einklange ſtehen, daß die optiſche Axe der Fibrillen nicht mit der Längsrichtung derſelben, ſondern unter allen Umſtänden mit der Längsaxe der Muskelfaſern zuſammenfällt. Schließlich äußert ſich *Engelmann* noch dahin, daß die doppeltſchräggeſtreiften Muskeln nur als eine Abart der glatten Muskeln zu betrachten ſind; der weißliche Theil des hinteren Schließmuskels der Flußmuſchel ziehe ſich auch nicht merklich langſamer zuſammen als der gelbliche, mit dem die Geſchwindigkeit der Verkürzung bei Cardium und Mytilus ebenfalls von gleicher Ordnung ſei. *Engelmann* denkt ſich die Fibrillen der doppeltſchräggeſtreiften Muskeln, wie die der glatten Muskelfaſern und die sarcous elements der quergeſtreiften Fibrillen aus kleinſten faſerförmigen, contractilen Molecülcomplexen (ſog. Inotagmen) aufgebaut, deren Längsaxen (und damit auch die optiſchen Axen) ſämmtlich der Längsaxe der

Zelle parallel orientirt ſind; eigenthümlich iſt den Fibrillen der doppeltſchräggeſtreiften Faſern hiernach weſentlich nur die treppenförmige Anordnung der Inotagmen, auf welcher der ſpiralige Verlauf der Fibrillen beruht. In Uebereinſtimmung mit mehreren ausgezeichneten Hiſtiologen ſehe ich mich auf Grund eigener Unterſuchungen und der experimentellen Ergebniſſe von *Biedermann* (vgl. S. 341) indeß veranlaßt, die Beweiskraft der ſich zum großen Theil jenſeits der Grenze des optiſch Beſtimmbaren bewegenden Beobachtungen von *Engelmann* anzuzweifeln, und muß mich dahin ausſprechen, daß bei dem gegenwärtigen Stande unſeres Wiſſens die *Schwalbe*'ſche Anſicht, dergemäß die Schrägſtreifung nur auf der Anweſenheit zweier Subſtanzen, nicht auf zwei ſich kreuzenden Syſtemen von Spiralfaſern beruht, die bei weitem wahrſcheinlichere, um nicht zu ſagen, die allein richtige iſt.

Glatte Muskulatur.

Schwalbe ſtellte die doppeltſchräggeſtreiften und die quergeſtreiften Muskelfaſern wegen ihrer Sonderung in einfach- und doppeltbrechende Subſtanz als höher differenzirte Gebilde der glatten Muskulatur[111]) mit ihren unregelmäßig gelagerten Disdiaklaſten *(Brücke)* und den von Disdiaklaſten ganz freien Muskeln (z. B. bei Stentor viridis nach *Kühne*) gegenüber. Die Anſicht, daß die Querſtreifung als durch Differenzirung von urſprünglich glatten Fibrillen in einfache und doppeltbrechende Abſchnitte entſtanden zu denken iſt, vertrat ſpäter auch *Engelmann*, welcher einen beſonderen Werth noch darauf legte, daß dieſer Differenzirung zugleich eine Arbeitstheilung entſpricht, inſofern nämlich die doppeltbrechende Subſtanz allein contractil ſei, die iſotrope Subſtanz allein die Reize in der Faſer leite[112]).

Ob dieſe Hypotheſen ſich aufrecht erhalten laſſen, kann erſt die Geſchichte lehren; doch ſcheinen mir die Unterſchiede, welche die glatten Muskelfaſern bei ihrer Differenzirung in Mark- und Rindenſubſtanz aufweiſen, von vornherein zu verbieten, ſie insgeſammt für gleichwerthig und als auf einer niederen Stufe der

Entwicklung ſtehen geblieben zu betrachten. Die markfreien Muskeln der Bryozoën, der Ascidien, die markfreien fehnigen Schließmuskelfafern der Bivalven einerſeits, die durch die Anweſenheit einer großen Menge den Kern umſchließender Markſubſtanz und durch eine in Fibrillen zerfallende contractile Rindenſubſtanz charakteriſirten Nematoden- und Hirudineenmuskeln andererſeits ſtellen ſicherlich ſehr ungleiche Grade einer Differenzirung vor, welche einige andere glatte Muskelarten (wie z. B. die aus einer kernreichen protoplasmatiſchen Subſtanz und einer inneren contractilen Fibrillenlage beſtehenden Buccalmuskeln der Chitonen *[Haller]*) nur noch weit mannigfaltiger geſtalten. Nach den Arbeiten von *Wagener* und *Engelmann* zu urtheilen, bleibt die Möglichkeit eines fibrillären Zerfalls das einzige, der geſammten glatten Muskulatur zukommende Merkmal, wennſchon die Bedingungen für denſelben nicht überall die gleichen ſind und manche Verhältniſſe die Lockerung des Gewebes zu Fibrillen ſehr erſchweren.

Bei Betrachtung der quergeſtreiften Muskeln (vgl. S. 354) wurde bereits darauf hingewieſen, daß die glatten Muskeln ſich von den quergeſtreiften durchgängig durch das Fehlen einer richtigen, durch sarcous elements bedingten Querſtreifung unterſcheiden ſollen *(Naſſe)*, und auch das, was von der Abgrenzung der glatten als organiſche Muskeln von den quergeſtreiften als animaliſchen Faſern zu halten iſt, wurde ſchon früher (S. 360) geſagt. Jetzt erübrigt es, noch zweier Eigenthümlichkeiten der glatten Muskulatur zu gedenken, die zu Unterſcheidungen in anderer Weiſe geführt haben. Die eine dieſer beiden Eigenthümlichkeiten beſteht darin, daß während bei den quergeſtreiften Faſern die erregte Contraction unter allen Umſtänden in den Faſern, welche wirklich gereizt ſind, verbleibt, niemals auf benachbarte übergreift, bei den glatten Muskelfafern die an einer Stelle erregten Zuſammenziehungen ſich auch auf die benachbarten fortpflanzen. Der Grund für dieſes abweichende Verhalten kann nach den Angaben verſchiedener

Autoren (z. B. von *Gegenbaur*, *Engelmann*, *Haller*) aber allein darin liegen, daß die glatte Muskulatur während des Lebens gar nicht aus einzelnen muskulöſen Faſerzellen beſteht, ſondern eine gleichartige zuſammenhängende Maſſe bildet, welche erſt beim Abſterben in einzelne ſpindelförmige Zellen zerfällt.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der glatten Muskulatur ſchien noch in ihrer beſonderen Erregbarkeit durch plötzlich eintretende Temperaturänderungen zu liegen; die quergeſtreiften Muskeln ſind für raſch einwirkende Kälte- oder Wärmegrade weit weniger empfindlich, und man bezeichnete ſie daher als «athermoſyſtaltiſche», während man die glatten Muskeln «thermoſyſtaltiſche» nannte. Von jener Eigenthümlichkeit der glatten Muskelfaſern kann man ſich an den Muskeln der Haut, der Gefäße, des Darmes und des Magens bei den höheren Thieren leicht überzeugen, aber es fragt ſich noch, ob wir darin eine Eigenthümlichkeit der glatten Muskelſubſtanz und nicht vielmehr Reflexerſcheinungen zu ſehen haben.

Motoriſche Nervenendigungen.

Oft nicht weniger charakteriſtiſch als der Bau der contractilen Subſtanz als ſolcher iſt die Endigungsweiſe der motoriſchen Nerven[113]). Das knappe beſtimmte Wiſſen über dieſe Nervenveräſtelungen an verſchiedenartig functionirenden Muskeln geſtattet zwar erſt wenige vergleichend-phyſiologiſche Ausblicke; aber das, was ſicherer Beſitz unſerer Wiſſenſchaft geworden iſt, läßt auf Unterſchiede ſchließen, welche mehr den Thierclaſſen als den quantitativen Functionsdifferenzen entſprechen.

Wenn bei Verfolgung der vorausgegangenen Arbeiten anderer Autoren *Szpilman* und *Luchſinger* an höheren Thieren zu dem Schluſſe gelangten, daß das Atropin als ein ſpecifiſches Gift für die glatte Muskelzelle oder deren Nervenenden anzuſehen iſt, ſo glaube ich dieſe Wirkung nur für eine mittelbare erklären und den *Luchſinger*'ſchen Ausſpruch noch dahin ergänzen zu müſſen, daß ſich das Herz zum Atropin genau ſo wie die glatte Muskulatur verhält[114]).

Die ſorgſam ſtudirten Combinationsvergiftungen an Herz und Irismuskulatur[115]) weiſen darauf hin, daß die Atropinwirkung ausſchließlich peripher gelegene ganglionäre Apparate ergreift und ſich ſo, da die quergeſtreiften Muskeln vom gewöhnlichen Bau derſelben nicht unterworfen ſind, nur indirect zu einer typiſchen für Herz und glatte Muskulatur geſtaltet. Im Herzfleiſche ſind die bei der Atropinvergiftung in Frage kommenden Ganglien ſeit lange bekannt, in der glatten Irismuskulatur aber noch nicht geſehen; letzterer Umſtand ſcheint ſelbſt *Schmiedeberg* beſtimmt zu haben, an dem obigen Satze nicht mehr in der Weiſe feſtzuhalten, als es früher von ihm geſchehen iſt. Ich bin indeß wie zuvor der Anſicht, daß wenn das Atropin im Herzen nur die ganglionären Hemmungsapparate lähmt, es auch auf die Iris nicht ganz anders wirken kann, und erwarte daher den Gangliennachweis in dieſem Organe noch immer von der Zukunft. Die Wirkungen des Muscarins, des Nicotins und der Muskelgifte ſprechen nicht weniger ſchlagend gegen die Annahme einer directen Atropinwirkung auf die Muskeln als gegen die einer directen Reizung des Muskelnerven durch das Gift. Immer bleibt aber zu berückſichtigen, daß hier Gebilde vorliegen können, welche durch ihre Kleinheit und eine geringe morphologiſche Conſolidirung von den vorſchriftsmäßigen Ganglienzellen abſtechen[116]). Wäre der Angriffspunkt des Nicotins nicht ſo ſicher ermittelt, als es thatſächlich der Fall zu ſein ſcheint, ſo würde vielleicht ſelbſt daran gedacht werden können, die für die glatten Muskeln verlangten peripher-nervöſen Apparate in den intramuskulären Nervenendigungen zu ſuchen. Leider iſt von dieſen zur Zeit noch wenig bekannt. Bei glatten Muskeln ſah man den Nerven nur an einem hügelartigen Vorſprunge in die Faſer eintreten und ſeinen inneren Theil, ohne Beziehung zu den Muskelkernen, in der Rindenſubſtanz der Muskelfaſer verſchwinden.

Auch bezüglich der quergeſtreiften Muskelfaſern ſind wir über die Endigungsweiſe der motoriſchen Nerven durch *Kühne*'s Unter-

ſuchungen des Beſſern nur bei den Wirbelthieren unterrichtet. Bilder von *Eimer* deuten zwar an, daß die Nervenendigungen in den quergeſtreiften Muskeln der Meduſen ſich ebenfalls einem allgemeinen Schema einreihen werden, aber gerade deren Nervenendplatten waren es ja, welche ſich bei den toxicologiſchen Verſuchen[117]) als ebenſo empfindlich gegen Curare erwieſen als die der quergeſtreiften Vertebratenmuskulatur. An quergeſtreiften Evertebratenmuskeln liegen theilweiſe abſchließende Beobachtungen ſonſt nur noch für die Käferbeine von *Rollett* vor.

Rollett zeigte, daß an der Eintrittsſtelle der Nerven lediglich durch Anhäufungen des Sarkoplasmas (vgl. S. 352) Auftreibungen des Sarkolemms, die ſog. *Doyère*'ſchen Nervenhügel, zu Stande kommen, welche ſich auch in Folge einfacher Contractionswellen, ohne daß ein Nervenhügel an der betreffenden Stelle vorhanden iſt, an den Muskeln gewiſſer Käfer (z. B. der meiſten Chrysomeliden) leicht zu bilden vermögen. Der zutretende Nerv breitet ſich in der äußern Partie des Nervenhügels in dichotomiſcher Verzweigung aus und ſeine ſcheinbar feſtere Verbindung mit den ſog. Zwiſchenſcheiben beruht nur darauf, daß dieſe Schichten Ausläufern entſprechen, welche das den *Doyère*'ſchen Hügel im Innern bildende Sarkoplasma als Verbindungsmaſſe für die einzelnen Muskelfibrillen abgiebt.

Bei den Wirbelthieren[118]) kleidet der an die Muskelfaſer tretende (epilemmale oder präterminale) Nerv den gleichſam für ihn vom Sarkolemma frei gelaſſenen Hof durch das doppeltſchichtige Telolemm (d. i. Endolemm + Epilemm mit den zwiſchen beiden Blättern gelegenen, dem Epilemm zugehörigen Epilemmal- oder Außenkernen) aus — indem er ſeine obere Decke (Perineuralſcheide) als Epilemm, ſeine untere (*Schwann*'ſche Scheide) als Endolemm dem Sarkolemma entgegenſchickt, und beide Nervenſcheiden alsdann ſich mit dem Sarkolemm durch eine Kittſubſtanz (Borſtenſaum, Sublemmalkitt) verbinden —, tritt bis auf den Axencylinder

mit ſeinem Axolemm, in welchem die ſog. Endknoſpen (d. ſ. nach *Kühne* und *Engelmann* wahrſcheinlich die reſtirenden Kerne der ehemaligen Bildungszellen des peripheriſchen Antheils der Nervenfaſer) lagern, reducirt als hypo- oder ſublemmaler Nerv an die Muskelſubſtanz unmittelbar heran, verzweigt ſich zu dem Nervengeweih (hypolemmale Nervenveräſtelung im Allgemeinen, auch motoriſche Nervenendplatte oder Arboriſation genannt), begiebt ſich aber hier nur an die Sarkoglia (identiſch mit *Rollett*'s Sarkoplasma), die wirklich contractile Subſtanz des Muskels (Rhabdoglia) nicht berührend. Eine derartige Verſchmelzung der Nervenhüllen mit dem Sarkolemm ſcheint auch bei allen Muskeln der Wirbelloſen, wo ſich ein ſolches findet, vorzukommen; bei den quergeſtreiften Wirbelthiermuskeln zeigen ſich die Löthlinien zwiſchen dem Telolemm und dem Sarkolemm aber erſt jenſeits der Geweihausläufer (End- oder Terminalfaſern).

Das Geweih, wie es durch die Vergoldungsmethode ſichtbar zu machen iſt, beſteht aus dem äußeren Stroma und dem inneren Axialbaume; wie die Frucht den Kern, ſo umgiebt das gewöhnlich weit dickere Stroma ſeinen axialen Einſchluß. Der Axialbaum ſtellt das ſeit *Remak*'s Zeiten in jeder Nervenfaſer bekannte Fibrillenbündel vor, während das Stroma dem quellenden Beſtandtheile des Axencylinders entſprechen dürfte. An den Goldpräparaten erſcheint jeder Aſt des Axialbaumes wie ein dunkel purpurner Kern in dem rothen Fruchtfleiſche, und in gleicher Weiſe ſcharf ſetzt ſich daran das Stroma von der dunkler gefärbten granulirten Subſtanz der Plattenſohle ab, die entweder als breiter, körniger Schleier die eigentliche Nervenendigung umgiebt oder bald einen compacten Kuchen darſtellend, bald in Geſtalt eines von Inſeln gebildeten Rahmens, auch als blaſige Maſſe, deren Lücken in der Regel die Sohlenkerne enthalten, auftritt. Die Sohlenſubſtanz ſtimmt mit dem Muskelbildungsmateriale, der Sarkoglia, überein, und wo, wie bei den Amphibien keine beſondere Anhäufung der

Sarkoglia unter dem Geweihe zu Stande gekommen oder bei der Entwicklung des Muskels zurückgeblieben iſt, findet ſich die Sohle nur als feine Gliaſtreifen in den ſubnervöſen Muskelcanneluren angedeutet.

Alle bis heute bekannten hypolemmalen Nerven der Wirbelthiere laſſen als gemeinſames Princip eine unſymmetriſche Abgabelung der Geweihäſte erkennen. Obſchon bei Schildkröten (Testudo) jede denkbare Geſtalt der Geweihbildung gefunden wurde, ſo laſſen ſich doch zwei Hauptformen derſelben unterſcheiden: Erſtens die geſtreckten, gradäſtigen und bajonettartig geknickten «Stangengeweihe» des Froſches und Salamanders, welche ſich bei letzterer Species noch durch das vollſtändige Fehlen der Endknoſpen weiterhin vereinfachen, und zweitens die gekrümmten Nervengeweihe der Eidechſen, Schlangen und Säugethiere, welche zu mehr oder minder labyrinthiſchen Platten auf kleinerem Raume (in den Nervenhügeln) zuſammengedrängt liegen und als «Plattengeweihe» bezeichnet werden. Als fernere Eigenthümlichkeiten des Plattengeäſtes fand *Kühne* 1. die gekerbten, viel unregelmäßiger als bei den Amphibien beſchaffenen Ränder; 2. das Zurückranken der Aeſte; 3. plattenartige Verbreiterungen derſelben, und 4. gelegentliche Bildungen von Anaſtomoſen. Faſt jedes Plattengeweih läßt ſich künſtlich zu einer Figur ausbreiten, deren Grundform eine Wiederholung der einfachſten Geſtalten der Platten in den Muskeln der Blindſchleiche oder der Natter iſt, und dieſe ſchließen ſich durch wirkliche Uebergänge den überſichtlichſten geſtreckten Formen des hypolemmalen Nervengeäſtes der Schildkröten und Amphibien an.

Die bei den Vögeln trotz aller ſehr augenfälligen Verſchiedenheit des Fleiſches ziemlich übereinſtimmend gefundenen Nervengeweihe ſind von denen der Eidechſen, Schlangen und Säuger ſo verſchieden als möglich, durch ihre geſtreckte Form der Endigungsweiſe bei den Amphibien, beſonders den Salamandrinen aber oft

zum Verwechſeln ähnlich. Nur eines ſcheint die hypolemmalen Nerven der Vögel auszuzeichnen (obſchon es bei Testudo vereinzelt vorkommt), nämlich daß manche Geweihe die Muskelfaſer eine Strecke weit vollkommen umgreifen, ferner das den Amphibien gegenüber häufigere Vorkommen von Geweihen, deren Hauptäſte, ſtatt parallel der Muskelfaſeraxe, dieſer circulär verlaufen.

Mit den Ergebniſſen der chemiſchen Unterſuchungen decken ſich die Erfahrungen über die hypolemmalen Nervenveräſtelungen an den quergeſtreiften Wirbelthiermuskeln keineswegs. Den chemiſchen Eigenthümlichkeiten nach (hoher Harnſtoff-, Harnſäure- reſp. Tauringehalt, Verbreitung des Inoſits) gruppirt ſich die quergeſtreifte Vertebratenmuskulatur, den Familien entſprechend, in der unter I. (ſ. die folgende Tabelle) verzeichneten Weiſe, bei ausſchließlicher Berückſichtigung der Nervengeweihe reſultirt dagegen die unter II. eingehaltene Reihenfolge.

	I.	Reich an:	II.	
Inoſitfrei	Selachier	Harnſtoff	Stangengeweihe	Salamander
	Amphioxus			Froſch
	Cycloſtomen			Vögel
	Ganoïden		Uebergangsformen	Blindfehleiche
	Teleoſtier			Natter
	Amphibien	Taurin		
Inoſithaltig	Crocodile	Harnſäure	Plattengeweihe	Eidechſen
	Schlangen			Schlangen
	Vögel			Säugethiere
	Säugethiere			

Als Entladungshypotheſe[119]) bezeichnete *du Bois-Reymond* die Annahme einer Auslöſung der normalen Muskelcontractionen durch electriſche Schläge, welche von der motoriſchen Endplatte aus die zugehörige Muskelfaſer treffen. *W. Krauſe* hatte gemeint, daß die motoriſche Endplatte wegen ihrer concaven Form die Stromdichte

Entladungshypotheſen.

zu Gunſten der innervirten Muskelfaſer verſtärken müſſe, *du Bois-Reymond* war der Anſicht, daß die negative Schwankung eines im hypolemmalen, ruhenden Nervenäſtchen präexiſtirenden Stromes den Reiz für die direct berührte contractile Subſtanz abgeben könne. Um die Unwirkſamkeit des Reizvorganges für benachbarte Muskelfaſern zu erklären, verlangte aber *du Bois'* Hypotheſe eine leichte Umbiegung des äußerſten hypolemmalen Nervenendes zur Muskelaxe, von der *Kühne* niemals Andeutungen zu Geſicht bekam. *Kühne* betonte vielmehr die unſymmetriſche Abgabelung und ungleiche Länge der Geweihſtangen, welche durch die Bajonettknicke, reſp. durch die beiden hypolemmalen Aeſte zweier gegen einander rankenden Bögen nicht nur an den Stangengeweihen der Amphibien, ſondern auch an den Plattengeweihen nachgewieſen wurden. In dieſer unſymmetriſchen Abgabelung und der dadurch bewirkten ungleichen Länge der parallel zur Axe des Muskels geſtellten Geweihzinken ſieht *Kühne* eine geſetzmäßige Einrichtung, welche ſämmtliche, auf kürzeſtem Wege zu verbindenden und nur durch Muskelſubſtanz getrennten Punkte der Terminalfaſern in allen Phaſen der Wellen mit verſchiedener electriſcher Spannung verſieht, die ſich ihrerſeits wieder quer durch die Muskelrinde ausgleichen muß. Es iſt klar, daß an zwei ſenkrecht über einander liegenden Punkten der beiden ungleichen Gabelzinken die negative Stromſchwankung nicht gleichzeitig eintreffen kann, ſondern an dem entſprechenden Punkte der längeren Zinke um die Zeit verſpätet, welche ſie zum Durchmeſſen derjenigen Strecke bedarf, um welche die Wegslängen der beiden Gabeläſte bis zu dem entfernter liegenden zweiten Punkte differiren. Dadurch wird der Punkt an dem längeren Gabelaſte vorübergehend poſitiv, der an dem kürzeren negativ und die Muskelſubſtanz zwiſchen den Zinken ſomit electriſch erregt.

Die nichts Doppeltbrechendes enthaltende Gallert-, Zwiſchen- oder Füllſubſtanz vor der Nervenendplatte in dem electriſchen

Organe der Zitterfiſche ſtellt bekanntlich den Reſt des embryonalen Muskels dar, während in der ſog. electriſchen Platte nur die Innervationsſcheibe der um die Contractilität gekommenen Muskeln zu ſehen iſt. Verglichen mit dem Muskel ſind die Verhältniſſe bei dem electriſchen Organe derart, wie wenn eine ſehr kurze Muskelfaſer nicht am Umfange, ſondern am Sehnenanſatze und an Stelle eines Sehnenendes eine motoriſche Nervenendigung von der Ausdehnung ihres größeſten Querſchnitts erhielte. *Kühne* glaubt, daß es nur an dem Innervationsvorgange und an der Anordnung der Muskeln liegt, wenn dieſe dem electriſchen Organe einiger Fiſche an äußerer Wirkſamkeit ſo erheblich nachſtehen, und daß, wenn wir «die motoriſchen Nerven mit ihren Enden durch die Septa an die Stellen der Muskelanſätze, alſo an je ein Sehnenende der Muskelfaſern führen könnten, die Schwankungswelle in allen Elementen des Muskels einſinnig verlaufen würde, womit die erſte Annäherung an den Ablauf der electriſchen Vorgänge im electriſchen Organe erzielt wäre».

Damit der Muskel zu einem electriſchen Organe wird, würde aber des weitern nöthig ſein, daß die Innervation einer großen Anzahl von Muskelblättern eine geregelte und ſucceſſive wäre, denn eine Innervation, welche erſt mittlere, dann kopfwärts und ſchwanzwärts gelegene Fleiſchblätter träfe, müßte die Vortheile der Einſeitigkeit des Ablaufs der electriſchen Vorgänge in den Elementen jedes Blattes ja nothwendig wieder vernichten. Ob die Natur uns wirkliche phyſiologiſche Uebergänge zwiſchen Muskeln und electriſchen Organen in der kurzfaſerigen Fiſchmuskulatur und in den noch mäandriſch verwälzte Fleiſchprismenſchichten einſchließenden pſeudoelectriſchen Organen erhalten hat und welchen Grades dieſelben ſind, läßt ſich gegenwärtig kaum beſtimmen, ſondern iſt erſt durch ſpeciell auf dieſen Punkt gerichtete Unterſuchungen zur Entſcheidung zu bringen.

Formveränderliches Protoplasma.

Um dem Ganzen die Ueberſichtlichkeit zu wahren, mußten wir ſowohl bei unſeren einleitenden Bemerkungen wie auch ſpäter bei der ſpeciellen Betrachtung der Muskelſubſtanz das Verhalten des formveränderlichen Protoplasmas[120]) mehrfach mitberückſichtigen; es empfahl ſich nicht, dieſe Auseinanderſetzungen ganz bis an den Schluß zu verſchieben. So erfuhren wir bereits, daß weder die Verbindung mit Nerven, noch eine faſerige Structur, ſondern nur beide Eigenſchaften zuſammengenommen, dem Muskelgewebe als contractiles Gebilde eigenthümlich ſind, daß das formveränderliche Protoplasma mit der Muskelſubſtanz auch das Gerinnungsvermögen bei verhältnißmäßig niedriger Temperatur als typiſches Merkmal theilt und wie dieſe durch eine Anzahl gleicher Subſtanzen (durch Veratrin, Nicotin und durch die ſog. Anäſthetica) vergiftet wird. In der großen Empfindlichkeit des nackten Protoplasmas für Chinin erkannten wir dagegen eine Abweichung von den Muskeln, einen Unterſchied zwar, der kein durchgreifender iſt, da z. B. die innervirten Chromatoblaſten der höheren Thiere deletären Einflüſſen dieſes Alkaloides weit weniger unterliegen als die Wanderzellen und die meiſten Amöbenformen. Das Einzige, was uns noch nachzutragen übrig blieb, iſt das Verhalten des formveränderlichen Protoplasmas gegen Reize und zwar vorzugsweiſe gegen ſolche electriſcher Art.

Wo uns allein daran liegt, die unterſcheidenden Merkmale des Protoplasmas als contractilem Gebilde von dem Muskelgewebe aufzuſuchen, kann uns unmöglich die Aufgabe obliegen, die ſämmtlichen Bewegungen, welche durch eine Wirkung äußerer Reize auf die protoplasmatiſchen Antheile der lebenden Zellen auch die Wachsthums-, die Fortpflanzungs- und Ernährungserſcheinungen oft in ſo hohem Maße beeinfluſſen, in den Kreis unſerer Betrachtungen hineinzuziehen. Das Irritabilitätsvermögen, welches jedem lebenden Theile zukommt, iſt bekanntlich auch etwas ganz anderes als das Contractilitätsvermögen, und dieſes andererſeits wohl zu

unterſcheiden von den Bewegungserſcheinungen, welche durch einen Stoffanwachs, durch Anhäufung des lebenden Subſtrates an beſtimmten Plätzen, den ſog. Wachsthumspunkten zu Stande kommen. Immerhin bleibt jedoch zu berückſichtigen, daß auf die membranloſen, leicht beweglichen Protoplasmamaſſen, Kräfte als wirkſam ſich erweiſen, welche ihre Macht bei den, in feſte Bahnen gebannten Bewegungen der contractilen Subſtanz des Muskelgewebes vollſtändig eingebüßt haben. So werden viele Protoplasmen noch ſtark beeinflußt von der Schwerkraft, vom Lichte, von einer ungleichmäßigen Vertheilung der Feuchtigkeit in der Umgebung, und die als Geotropismus, Heliotropismus und Hydrotropismus bezeichneten Erſcheinungen ſind noch beſonders merkwürdig dadurch, daß ſie entweder auf einem poſitiven oder gewiſſermaßen auf einem negativen Einfluſſe der Kräfte beruhen, die Bewegungen der protoplasmatiſchen Maſſe der Schwere, dem Lichte reſp. der Feuchtigkeit zugerichtet oder denſelben abgewendet verlaufen.

Nicht ſo diametral, ſondern nur quantitativ verſchieden ſind die Abweichungen, welche an verſchiedenen Protoplasmen bei electriſcher Reizung zur Beobachtung gelangen; aber die Größe der Reizbarkeit, gemeſſen durch den ſchwächſten noch wirkſamen Reiz iſt je nach der Art des Protoplasmas auch in dieſem Falle eine ungleiche. Um nur ein diesbezügliches Beiſpiel anzuführen, ſei erwähnt, daß nach *Engelmann* das Protoplasma von Süßwaſſeramöben, Diatomeen, Vallisneriazellen u. A. auf ſehr viel ſchwächere Inductionsſtröme reagirt als das der weißen Blutkörperchen. Außerdem iſt auch der Effect der electriſchen Reizung zu Anfang nicht überall derſelbe; durch ſtärkere Ströme oder bei länger andauernder Reizung kommt es aber allgemein zu einem Einziehen der Fortſätze, zu Verkürzungen und Verdickungen, die binnen einigen Secunden zur Kugelgeſtalt führen können. Schließung eines beſtändigen Stromes wirkt dabei allemal ſtärker als Oeffnung desſelben; denn letztere erfordert längere Schließungsdauer bezüg-

lich größere Stromdichte und ebenſo wächſt mit Steilheit und Umfang der Schwankung innerhalb gewiſſer Grenzen der Erfolg ſehr merkbar. Inductionsſchläge ſind deshalb durchſchnittlich auch weit wirkſamer als Schließungen conſtanter Ströme.

Wir haben bereits früher (S. 373) erläutert, in welcher Weiſe man ſich die Umwandlung eines urſprünglich als Muskel angelegten Organes in ein rein electriſches vorzuſtellen hat, jetzt tritt an uns die Frage heran, welche Momente erforderlich ſind, damit aus einer contractionsfähigen Protoplasmamaſſe ein Muskel hervorgehe. *Sachs*[121]) hat jüngſt in ſeiner ſinnreichen Art entwickelt, wie ſich bei einem Myxomyceten (Didymium ferinoceum) mehrere nackte Protoplasmakörper vereinigen, dann eine feſte, hutpilzartige Form annehmen, ſich mit einer Membran bekleiden und innere Theile röhrenartige Faſern der verſchiedenſten Form, das ſog. Capillitium bilden, in welchem ſich die Sporen entwickeln. Wäre das Myxomycetenplasmodium von Anfang an von einer Zellhaut umſchloſſen geweſen, ſo würden wir hier genau die nämlichen Geſtaltungsverhältniſſe als bei den Wachsthumsvorgängen der Cöloblaſten zu verzeichnen haben, und «denken wir uns ferner innerhalb eines Cöloblaſten, etwa einer Caulerpa, Vaucheria, Bryopsis u. ſ. w. mit fortſchreitendem Wachsthum eine im Innern ſtattfindende Zerklüftung der Protoplasmamaſſe durch quer und längs geſtellte Scheidewände, ſo bekommen wir eine gewöhnliche, aus Zellkammern beſtehende Pflanze». Sehr ähnlich würden nun auch die Differenzirungen von Statten zu gehen haben, wenn ſich aus den Plasmodien eine veritabele Muskelzelle entwickeln ſollte. Auch hier müßten die einzelnen contractilen Elemente eine geordnete Lagerung annehmen, zu einer organiſch zuſammenhängenden Maſſe verſchmelzen, welche ſich dann mit einer Membran zu umgeben, ſchließlich aber noch mit einem Nerven in Verbindung zu treten hätte. Die Wahrung des organiſchen Zuſammenhanges unter den einzelnen Plasmodien würde demnach die einzige Schwie-

rigkeit ſein, welche ſich der Herrichtung eines echten «künſtlichen Muskels» entgegenſtellt und welche vorausſichtlich auch immer unüberwindbar bleiben wird.

Eine Zeit, in der die ſpecielle Behandlung der Galle, des Speichel-, Magendrüſen- und Pankreasſecretes einer allgemeineren Betrachtung der Verdauungserſcheinungen gewichen wäre, hat es in der Phyſiologie nie gegeben. Stets war man beſtrebt, die einzelnen Secrete als ſolche kennen zu lernen, hat kein Mittel unverſucht gelaſſen, den gemiſchten Speichel in die Producte der einzelnen Drüſen zu zerlegen, und das Bild des Verdauungsproceſſes als Ganzes ſetzt ſich ſchon ſeit undenklichen Zeiten aus den Beſchreibungen der Eigenſchaften der einzelnen Secrete zuſammen, welche ſucceſſive daran betheiligt ſind.

Ganz anders ſteht es in der Muskelphyſiologie! Der Contractionsmodus, der hiſtiologiſche und chemiſche Bau bieten bei den, von uns unterſchiedenen Muskelgattungen ein nicht weniger mannigfaltiges Gepräge dar als die verſchiedenen Verdauungsdrüſen unter ſich; aber noch immer giebt es nur eine einheitliche Muskelphyſiologie, in welcher alle, doch in ſo vielen Beziehungen ungleichartigen Muskelgattungen im Grunde als ein und dasſelbe betrachtet werden. Meiſt nur ein kurzer Nachtrag verräth uns in den neueſten Handbüchern der Muskelphyſiologie, daß wir über die glatte Muskulatur erſt ſehr dürftig unterrichtet ſind und unſere dem Texte eingefügten Tabellen zeigen durch ihre mannigfachen Lücken wohl zur Genüge an, wie ſchlecht es mit einer wiſſenſchaftlichen, mit einer vergleichenden Phyſiologie der contractilen Gewebe thatſächlich noch beſtellt iſt.

Abgeſehen von allen uns hinlänglich bekannt gewordenen Ausnahmefällen habe ich in beiſtehendem Schema verſucht, die in ihrer Contraction, Structur oder in ihrem chemiſchen Baue mehr oder weniger von einander abweichenden Muskelarten nochmals

Die contractilen Gewebe.

Charakterifirt durch die Gerinnbarkeit bei 35°—50° *C.*

I. Muskelgewebe. II. Formveränderliches Protoplasma.

Aeußerft empfindlich gegen Chinin.

Muskeln der

Wirbelthiere.

A. Quergeftreifte, willkürliche Muskulatur von gewöhnlichem Baue. Verhältnißmäßig reich an Kreatin.

a) blaß oder durch Lipochrome gefärbt. Mit rafcherer Contraction, kürzerem Latenzftadium, leichter erregbar, fchneller ermüdend, erft durch eine größere Anzahl von Reizen in Tetanus zu verfetzen, weit mehr den deletären Einflüffen ausgefetzt, gewöhnlich von größerer Faferdicke und glykogenärmer als die

b) durch Hämoglobin geröthete.

B. Quergeftreifte, willkürliche Muskulatur in Geftalt veräftelter, durch Hämoglobin gefärbter Fafern.

a) Zungenmuskeln. Dem Willen unterworfen und von ähnlichem Verhalten als die blaffe, quergeftreifte Muskulatur von gewöhnlichem Baue.

b) Herzmuskulatur. Dem Willen entzogen, mit langfamem Zuckungsverlauf, nicht in wirklichen Tetanus verfetzbar.

C. Glatte, unwillkürliche Muskelmaffen mit langfamer Contraction, thermofyftaltifch, frei oder arm an Kreatin oder Inofit. Durch Blei unafficirbar.

Wirbellofen.

Durchgängig kreatinfrei.

A. Quergeftreifte, willkürliche Muskulatur von gewöhnlichem Baue.

a) feinere blaffe Fafern mit kürzerer Zuckungsdauer;

b) ftärkere blaffe Fafern mit trägerer Contraction

} weichen in ähnlicher Weife wie die blaffen und rothen quergeftreiften Vertebratenmuskeln von einander ab, doch ift das Latenzftadium bei beiden Fafergattungen das gleiche.

B. Gelbe Flugmuskeln der Infecten. Mit äußerft rapidem Zuckungsverlauf, fehr dünnfaferig und rafch abfterbend.

C. Doppeltfchräggeftreifte Muskeln. Mit fehr träger Zufammenziehung (Dauercontraction), aber durch ihr Verhalten bei electrifcher Reizung und als dem Willen unterworfen mehr den quergeftreiften als den glatten Muskeln entfprechend.

D. Quergeftreifte Muskeln in Form veräftelter Faferzellen.

E. Glatte Muskelmaffen, dem Willen unterworfen oder demfelben entzogen.

a) blaffe;

b) durch Hämoglobin tingirte.

zuſammenzuſtellen. Mit Hülfe dieſer Zuſammenfaſſung werden die übrigen Tabellen leichter zu überblicken ſein und jene wird durch dieſe auch vielfach vervollſtändigt werden können.

Erinnern wir uns, daß bereits 1856 *Schloßberger*[122]) die Muskelphyſiologie als dasjenige Feld bezeichnete, auf welchem «vielleicht mehr als irgendwo die comparative Phyſiologie die Deutung der geweblichen Forſchungen an den Apparaten der höheren Thiere auf das wirkſamſte weiter bringen und vor Einſeitigkeit und Irrthümern bewahren kann», daß aber trotzdem erſt die Arbeiten der allerletzten Jahre uns in den Stand ſetzten, die Darſtellung einer vergleichenden Phyſiologie der contractilen Gewebe in groben Umriſſen durchzuführen, ſo dürfte die Hoffnung kaum als unberechtigt erſcheinen, daß ſchon in kurzer Friſt ſich auch dieſer Zweig der vergleichenden Phyſiologie von dem gegenwärtigen Standpunkte weit entfernt haben und der vergleichenden Phyſiologie der Ortsbewegungen, der Verdauungsvorgänge und der nervöſen Apparate als ebenbürtig zur Seite ſtehen wird.

Anmerkungen und Literaturnachweiſe.

[1]) *L. Hermann,* Handbuch der Phyſiologie. Bd. 1. Th. 1. Leipzig 1879. S. 81.

[2]) Um Verwechslungen des Contractilitätsvermögens mit anderen Kraftäußerungen, welche am Muskelgewebe gleichfalls zur Beobachtung gelangen, zu vermeiden, ſeien einige hier in Betracht kommende Ausdrücke kurz erläutert.

Irritabilität iſt die allen lebenden Gebilden ohne Ausnahme zukommende Reactionsfähigkeit auf Reize (d. ſ. locale Veränderungen des Gewebes [*Virchow,* Cellularpathologie. 4. Aufl. 1871. S. 199]), und zwar nicht nur auf diejenigen, welche den Geweben durch Nerven übermittelt werden (ſog. Neuroerregbarkeit), ſondern auch auf ſolche, welche die Gewebe direct treffen (*Cl. Bernard,* Leçons sur les phén. de la vie. T. I. Paris. 1878. p. 248).

Contractilität iſt ein ſpecieller Fall der Irritabilität; man verſteht darunter das den Muskeln, dem formveränderlichen Protoplasma und außerdem noch einigen anderen lebenden Gebilden innewohnende Vermögen, ſich auf Reizeinfluß zu verkürzen.

Elaſticität iſt die allen Körpern, lebenden wie todten, in mehr oder minder hohem Grade zukommende Eigenſchaft, ſich unter der Einwirkung von Druck (Druckelaſticität) oder Zug (Zugelaſticität) auszudehnen (Extenſibilität) und beim Nachlaſſen der dehnenden Kräfte mehr oder weniger vollſtändig in die urſprüngliche Ruhelage zurückzukehren (Retractilität). *L. Hermann* (Handbuch der Phyſiologie. Bd. 1. Th. 1. 1879. S. 11) definirt «elaſtiſche Kräfte» als diejenigen, welche ein Körper von beſtimmter natürlicher Geſtalt äußeren formverändernden Kräften entgegenſetzt, oder in Folge einer durch letztere bewirkten Geſtaltsänderung als potentielle Energie entwickelt. — Einige Forſcher (z. B. *Richet,* Phyſiologie des muscles. 1882. p. 181) betrachten Contractilität und Elaſticität im Grunde als ein und dasſelbe.

Excitabilität iſt die Empfänglichkeit der Gewebe für äußere Einflüſſe; ſie ſtellt, in Hinſicht auf die Irritabilität als dem Activen, die recipirende Seite der Reizeinwirkung vor.

Tonicität nennt man die Eigenthümlichkeit der contractilen Gewebe, unter den normalen, centralnervöſen Einflüſſen ſchwach contrahirt zu bleiben.

— Ift der normale Muskeltonus durch eine directe oder indirecte Ueberempfindlichkeit des Rückenmarkes pathologifch gefteigert, fo fpricht man von Contracturen.

[3]) Vgl. *Krukenberg*, Vgl.-phyfiol. Studien. 1. Reihe. 3. Abth. Heidelberg. 1880. S. 59—62 (Unterfchied von Chromatoblaften und Chromatophoren).

[4]) *Th. W. Engelmann*, *Hermann*'s Handb. d. Phyfiologie. Bd. 1. Th. 1. S. 380.

[5]) *Engelmann*, a. a. O., S. 379.

[6]) Vgl. *Krukenberg*, a. a. O., 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 78—106.

[7]) *Engelmann*, a. a. O., S. 395.

[8]) *Krukenberg*, a. a. O., 1. Reihe. 3. Abth. S. 1—22.

[9]) Wichtigere Literatur über die Neuromuskeltheorie:

N. Kleinenberg, Hydra. Leipzig. 1872. S. 10—27; *E. Häckel*, Anthropogenie. 3. Aufl. Leipzig. 1877. S. 660; *C. Gegenbaur*, Grundriß der vgl. Anatomie. Leipzig. 1874. S. 39; *Éd. van Beneden*, De la distinction originelle du testicule et de l'ovaire. Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 37. Bruxelles. 1874. p. 24; *Eimer*, Zoolog. Studien auf Capri. I. Ueber Beroë ovatus. Leipzig. 1873. S. 78; *Huxley*, Grundzüge d. Anat. der wirbellofen Thiere. Deutfch von *J. W. Spengel*. Leipzig. 1878. S. 60—61 u. S. 115.; *C. Claus*, Studien über Polypen und Quallen der Adria. I. Acalephen. Discomedufen. Denkfchr. d. math.-naturw. Claffe d. Wiener Acad. Bd. 38. 1877. S. 28 u. 29; *O.* u. *R. Hertwig*, Das Nervenfyftem und die Sinnesorgane der Medufen. Leipzig. 1878. S. 157—174; *W. Kühne*, Unterf. a. d. phyfiol. Inft. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1879. S. 107 u. 144; *C. Chun*, Ctenophoren. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. Leipzig. 1880. S. 215—221; *Krukenberg*, a. a. O., 1. Reihe. 3. Abth. 1880. S. 124—146.

[10]) *F. E. Schulze*, Zeitfchr. f. wiff. Zoologie. Bd. 30. S. 394, Bd. 32. S. 136 u. 628, Bd. 33. S. 17.

[11]) Wichtigere Literatur über die Eiweißftoffe der Muskeln:

Kühne, Unterf. über das Protoplasma etc. Leipzig. 1864 u. Lehrbuch der phyfiolog. Chemie. Leipzig. 1866. S. 270; *Hoppe-Seyler*, Handb. d. phyfiol.- u. path.-chemifchen Analyfe. 5. Aufl. Berlin. 1883. S. 266; *E. Kügler*, Ueber die Starre des Saugethiermuskels. Inaug.-Differt. Dorpat 1883; *J. Klemptner*, Ueber d. Wirkung des deft. Waffers und des Coffeins auf die Muskeln u. über die Urfache der Muskelftarre. Differt. Dorpat. 1883; *O. Naffe*, Zur Anat. u. Phyfiol. der quergeftreiften Muskelfubftanz. Leipzig. 1882. S. 22—81; *A. Danilewsky*, Zeitfchr. f. phyfiol. Chemie. Bd. 5. 1881. S. 158; *Brans*, *Hoppe-Seyler*'s Medicchem. Unterfuchungen. Berlin. 1867. Heft 2. S. 260; *Schweigger-Seidel*, Arb. a. d. phyfiol. Anftalt zu Leipzig. Bd. 4. 1870. S. 121; *Krukenberg*, Vgl. phyfiol. Studien. 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 2—14 u. 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 146 bis 147; *Heynfius*, Arch. f. d. gef. Phyfiologie. Bd. 3. 1870. S. 414—424;

J. Reinke u. *Rodewald,* Bot. Zeitung. 38. Jahrg. 1880. Nr. 48 u. Unterſ. a. d. bot. Labor. d. Univ. Göttingen. Heft 2. Berlin. 1881. S. 49; *Melde,* Handb. d. gerichtl. Medicin. Leipzig. 1819 ff. Bd. 2. S. 278 u. Bd. 3. S. 405.

[12]) *Kühne,* Lehrb. d. phyſiol. Chemie. 1866. S. 68.

[13]) *Kühne,* Unterſ. über das Protoplasma etc. 1864. S. 1.

[14]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 87—138.

[15]) *Cl. Bernard,* Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses. Paris. 1857. p. 45.

[16]) Literatur über die Säuerung der Muskeln:

J. Liebig, Chemiſche Unterſ. über das Fleiſch. Heidelberg. 1847; *E. du Bois-Reymond,* Monatsber. d. Berliner Acad. 1859. S. 288; *J. Bernſtein,* De animalium evertebratorum musculis nonnulla. Dissert. Berolini. 1860; *C. Voit,* Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 10. 1860. S. 470—498; *Fredericq* u. *Vandevelde,* Bull. de l'ac. r. de Belgique. 2. Sér. T. 47. Bruxelles. 1879. p. 783; *Valenciennes* und *Fremy,* Ann. de chim. et phys. T. 19. 1822. p. 363 u. 3. Sér. T. 50. 1857. p. 171; *O. Naſſe,* Zur Anatomie etc., S. 84—94; *R. Böhm,* Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 23. 1880. S. 44; *Ch. Richet,* Phyſiologie des muscles et des nerfs. Paris. 1882. p. 355.

[17]) *Krukenberg,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. Heft 3—4. 1880. S. 15. Anm. 5.

[18]) *O. Naſſe,* Zur Anat. etc., S. 94.

[19]) *J. Cohnheim,* Vorleſungen über allg. Pathologie, Bd. 2. 2. Aufl. Berlin. 1882. S. 565 u. 566.

[20]) *A. Danilewsky,* Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. Bd. 7. 1883. S. 124. Vgl. auch *O. Naſſe,* Biolog. Centralbl. Bd. 4. 1884. S. 726—731.

[21]) Literatur über die Muskelenzyme:

Kühne, Verbreitung einiger Enzyme im Thierkörper. Sep.-Abdr. a. d. Verhandl. d. naturhiſt.-medic. Vereins zu Heidelberg. Bd. 2. Heft 1. 1876; *Brücke,* Sitzungsber. d. Wiener Acad. Math.-naturw. Claſſe. Bd. 43. Abth. 2. 1861. S. 601; *Th. Eſcherich,* Deutſches Archiv f. klin. Medicin. 1885. S. 196 bis 200; *Piotrowsky, Kühne's* Lehrb. d. phyſiol. Chemie. 1866. S. 288.

[22]) *Brücke,* Vorleſungen über Phyſiologie. 3. Aufl. Bd. I. Wien. 1881. S. 305 u. 306.

[23]) *Krukenberg,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 2. Heft 3. 1878. S. 273—286 u. S. 338—377.

[24]) *O. Naſſe,* Zur Anatomie etc. S. 99.

[25]) *A. Hanſen,* Arbeiten a. d. bot. Inſt. d. Univ. Würzburg. Bd. 3. 1885. S. 278.

[26]) *Cl. Bernard,* Leçons sur les phénom. de la vie etc. T. II. Paris. 1879. p. 57—140. Vgl. auch *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 52—64.

[27]) *E. Külz*, Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. 24. 1881. S. 64—70.

[28]) *Kühne*, Lehrbuch etc. S. 334.

[29]) *O. Nasse*, Zur Anatomie etc. S. 82—84.

[30]) *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 2. Reihe. 2. Abth. 1882. S. 59—62.

[31]) *Krukenberg*, ibid., 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 58 u. 59.

[32]) *G. Schwalbe*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 5. 1869. S. 220.

[33]) *P. Ehrlich*, Zeitschr. f. klin. Medicin. Bd. 6. 1883. S. 33.

[34]) *D. Barfurth*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 25. 1885. S. 288—297.

[35]) *P. Ehrlich*, a. a. O., S. 44.

[36]) Allgemeines über rothe und blasse Muskeln:

Gegenbaur, Grundriß d. vgl. Anat. Leipzig. 1874. S. 511; *Kühne*, Arch. f. path. Anat. Bd. 33. 1865. S. 79—94; *Ranvier*, Laboratoire d'histologie. Travaux de l'année 1874; *E. Meyer*, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 217—232; *Schloßberger*, Die Chemie der Gewebe. II. Leipzig u. Heidelberg. 1856. S. 151 bis 153; *W. Krause*, Allg. u. mikrosk. Anat. Hannover. 1876. S. 80 u. 90; *Lavocat* u. *Arloing*, Revue d. scienc. médic. T. 8. 1876. p. 56 u. 57; *Luchsinger*, Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 18. S. 472; *Grützner*, Breslauer ärztl. Zeitschr. 1883. Nr. 18. 22. Sept., Nr. 24. 22. Dec. u. Recueil zoologique Suisse. T. I. 1884. p. 665; *D. Barfurth*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 25. 1885. S. 290 u. 291; *Krukenberg*, Vgl.-physiol. Studien. 1. Reihe. 4. Abth. 1881. S. 44—53.

[37]) *Schloßberger*, a. a. O., S. 151.

[38]) *O. Nasse*, *Hermann*'s Handb. d. Physiol. Bd. 1. Th. 1. 1879. S. 271.

[39]) *Kühne*, Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. Heft 1—2. 1879. S. 57.

[40]) *O. Nasse*, Biolog. Centralbl. Bd. 4. 1884. S. 729.

[41]) Ueber den Fleischzucker vgl. *O. Nasse*, *Hermann*'s Handbuch. Bd. 1. Th. 1. 1879. S. 289.

[42]) *Limpricht*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 133. 1865. S. 293; *Kühne*, Lehrbuch etc. S. 307.

[43]) Vgl. *Krukenberg*, Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1880. S. 197—220, Bd. 4. 1881. S. 33—63 u. Vgl.-physiol. Studien. 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 143—147; *Th. Weyl*, Monatsb. d. k. Acad. d. Wiss. zu Berlin. 21. April 1881. S. 383.

[44]) *Frerichs* u. *Staedeler*, Journ. f. pract. Chem. Bd. 73. S. 48.

[45]) Vgl. *Tauret* u. *Villiers*, Ann. de chim. et de physique. 5. Sér. T. 23. 1881. p. 389—397.

[46]) *H. Virchow*, Beitr. z. Kenntniß der Bewegungen des Menschen. Würzburg. 1883. S. 7—17.

[47]) *F. Miescher-Rüsch*, Statistische u. biolog. Beiträge z. Kenntniß vom Leben des Rheinlachses. 1880. Separatabdr. a. d. Schweizer Literaturlammlung z internationalen Fischereiausstellung in Berlin.

[48]) Vgl. *Kühne,* Lehrbuch etc. S. 309.

[49]) *Cohnheim,* Vorleſ. über allg. Pathologie, Bd. 1. 2. Aufl. 1882. S. 653.

[50]) *Hoppe-Seyler,* Phyſiologiſche Chemie. Berlin. 1881. S. 637.

[51]) *Kühne,* Lehrbuch etc. S. 308 u. 309.

[52]) *O. Naſſe,* Zur Anatomie etc. S. 82.

[53]) Vgl. *J. König* u. *B. Farwick,* Zeitſchr. f. Biologie. Bd. 12. 1876. S. 497 u. *Peterſen,* ebenda, Bd. 7. 1871. S. 166.

[54]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. 1. Reihe. 4. Abth. 1881. S. 46.

[55]) *Krukenberg* u. *H. Wagner,* Zeitſchr. f. Biologie. Bd. 21. 1885. S. 39 u. 40. — Ausgedehntere Verſuchsreihen über den Gehalt verſchieden functionirender Muskeln ein und desſelben Thieres an Fett, Waſſer, Aſchen- und feſten Beſtandtheilen ſollen demnächſt ausführlichere Mittheilung finden.

[56]) *Richet,* Phyſiologie des muscles et des nerfs. Paris. 1882. p. 301.

[57]) *Krukenberg* u. *Wagner,* a. a. O., S. 35.

[58]) Literatur über das Muskelhämoglobin:

Vgl. Anm. 36; ferner: *Henle,* Allg. Anatomie des menſchl. Körpers. Leipzig. 1841. S. 587; *Simon,* Handb. d. angewandten medic. Chemie. Bd. 2. Leipzig. 1842. S. 524; *E. v. Bibra,* Arch. f. phyſiolog. Heilkunde. Bd. 4. 1845. S. 536; *Kölliker,* Mikroſk. Anatomie. Bd. 2. Leipzig. 1850. S. 248; *Brozeit,* Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 3. 1870. S. 361; *Pouchet,* Journ. de l'anat. et de la physiol. par *Robin.* T. 12. 1876. p. 4; *H. Roeber,* Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1869. S. 452; *R. Gscheidlen,* Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 7. 1873. S. 547 u. 548; *Kühne,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. der Univ. Heidelberg. Bd. 2. 1878. S. 133—136.

[59]) *Richet,* a. a. O., p. 295.

[60]) *O. Naſſe, Hermann*'s Handb. d. Phyſiol. Bd. 1. Th. 1. 1879. S. 271.

[61]) *B. Haller,* Die Organiſation der Chitonen der Adria. II. Arbeiten a. d. zool. Inſt. der Univ. Wien. Bd. 5. Heft. 1. 1883. S. 33.

[62]) Ueber die lipochromatiſchen Färbungen der Muskeln vgl.: *Fremy* u. *Valenciennes,* Compt. rend. T. 41. 1855. p. 738; *Krukenberg* u. *Wagner,* a. a. O., S. 37—40; *Schloßberger,* Die Chemie der Gewebe. II. 1856. S. 152.

[63]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. 2. Reihe. 3. Abth. 1882. S. 139—143. — Ohne meine Unterſuchungen über den grünen Belone-Farbſtoff zu kennen, ſchließt *Raphael Dubois* (Compt. rend. de la soc. de biologie. Sér. 7. T. 5. 1883. p. 317—318) aus den Beobachtungen, daß das Pigment weder durch Kochen noch durch Fäulniß zerſtört und von den Flüſſigkeiten, welche viele organiſche Subſtanzen löſen, nicht gelöſt wird, auf eine anorganiſche Beſchaffenheit desſelben. Dazu bemerkt *Maly* (Jahresb. üb. d. Fortſchr. der Thierchemie. Bd. 13. Ueber das Jahr 1883. S. 317 Anm. 1), daß ſich die grüne Wirbelſäule von Belone beim Glühen aber licht brennt.

[64]) *G. Pouchet,* Journ. de l'anat. et de la physiol. par *Robin.* 1876. p. 1 bis 90 u. p. 113—165.

[65]) Nach eigenen Unterſuchungen an den gelben Flugmuskeln von Melolontha vulgaris.

[66]) Literatur über den Harnſtoffgehalt der Muskeln:

Owsjannikow u. *Islomin*, citirt von *Naſſe* (*Hermann*'s Handbuch der Phyſiol. Bd. 1. Th. 1. S. 275); *P. Picard*, Compt. rend. T. 87. p. 533; *Demant*, Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. Bd. 4. S. 419; *J. Liebig*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 62. 1847. S. 257; *C. Voit*, Zeitſchr. f. Biol. Bd. 2. 1866. S. 225; *Krukenberg*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 4. 1881. S. 33—63.

[67]) Literatur über den Harnſäuregehalt der Muskeln:

J. Liebig, Jahresb. der Chemie für 1849. S. 531; *Pagenſtecher*, Heidelberger Jahrbücher der Literatur. Jahrg. 57. I. Hälfte. 1864. S. 347—351; *Meißner*, Zeitſchr. f. rationelle Medicin. Bd. 31. 1868. S. 156; *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 2. Reihe. 2. Abth. 1882. S. 84; *Krukenberg* u. *Wagner*, a. a. O., S. 36—37.

[68]) *Hoppe-Seyler*, Phyſiologiſche Chemie. 1881. S. 901.

[69]) *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 144—145.

[70]) Literatur über das Vorkommen des Taurins in Muskeln:

H. Limpricht, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 127. 1863. S. 185—189 u. Bd. 133. 1865. S. 293—305; *Krukenberg*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 4. 1881. S. 63; *Fremy* u. *Valenciennes*, Ann. de chim. et de phys. 3. Sér. T. 50. 1857. p. 129—178; *Staedeler* u. *Frerichs*, Journ. f. pract. Chemie. Bd. 73. 1858. S. 51 Anm.; *Fredericq*, Bull. de l'acad. r. de Belgique 2. Sér. T. 46. 1878. p. 765; *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 143; *Krukenberg* u. *Wagner*, a. a. O. S. 30.

[71]) *R. H. Chittenden*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 178. 1875. S. 266—274.

[72]) Vgl. *Krukenberg*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. der Univ. Heidelberg. Bd. 4. 1881. S. 43 u. 44.

[73]) Ueber Kreatin in Muskeln vgl. *Krukenberg*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. der Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1880. S. 197—220 u. Bd. 4. 1881. S. 33 bis 63; ferner: *C. G. Lehmann*, Zoochemie. Heidelberg. 1858. S. 478; *Sarokin*, Arch. f. path. Anat. Bd. 28. 1863. S. 544—551; *C. Voit*, Zeitſchr. f. Biologie. Bd. 4. 1868. S. 77.

[74]) *Brillat-Savarin*, Phyſiologie des Geſchmacks. Deutſch von *C. Vogt*. 4. Aufl. Braunſchweig. 1878. S. 45.

[75]) Vgl. *Krukenberg*, Grundriß der medic.-chem. Analyſe. Heidelberg. 1884. S. 61—64.

[76]) *Krukenberg* u. *Wagner*, a. a. O., S. 29—33.

[77]) Ueber Carnin handeln: *H. Weidel*, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 158. 1871. S. 353—369; *Krukenberg* u. *Wagner*, Sitzungsb. d. phyſ.-medic. Geſellſch. zu Würzburg. 1883. S. 58—63 u. Zeitſchr. f. Biologie. Bd. 21. 1885. S. 25—28.

[78]) Neuere Arbeiten über die Xanthinkörper:

G. Salomon, Ber. d. d. chem. Geſellſch. Bd. 16. 1883. S. 195 (Paraxanthin); *E. Fiſcher,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 215. 1882. S. 253—320 (Xanthin u. Coffeïn) u. Ber. d. d. chem. Geſellſch. Bd. 17. 1884. S. 328—338 (Paraxanthin u. Methylpurin); *Strecker,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 131. S. 121; *Rochleder* u. *Hlaſiwetz,* Journ. f. pract. Chem. Bd. 93. S. 96; *Koſſel,* Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. Bd. 5. S. 152, Bd. 6. S. 422, Bd. 7. S. 7, Bd. 8. S. 404 u. Unterſuchungen über die Nucleïne u. ihre Spaltungsproducte. Straßburg. 1881; ferner Verhandl. d. phyſiol. Geſellſch. zu Berlin. 23. Jan. 1885 u. Ber. d. d. chem. Geſ. zu Berlin. Bd. 18. 1885. S. 79—81 (Adenin); *G. Salomon,* Verhandl. d. phyſiol. Geſellſch. zu Berlin. 10. Juli 1885 (Heteroxanthin) u. 28. Dec. 1883 (Guaninartiger Körper aus Schweineharn); *Scherer,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 107. 1858. S. 314; *Almén,* Vierteljahrsſchr. d. naturf. Geſellſch. in Zürich. Bd. 6; *J. B. Enz,* Vierteljahrsſchr. f. pract. Chem. Bd. 4. S. 321; *Ph. Schreiner,* Ber. d. d. chem. Geſellſch. 1871. S. 763; *Krukenberg* u. *Wagner,* a. a. O., S. 26—28 (Hypoxanthin u. Guanin); *Reinke* u. *Rodewald,* Unterſ. a. d. bot. Laborat. d. Univ. Göttingen. Heft 2. Berlin. 1881. S. 47 u. 48.

[79]) *Krukenberg,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1880. S. 201.

[80]) Vgl. außer den unter 78 angeführten Arbeiten *Koſſel*'s: *G. Salomon,* Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. Bd. 2. 1878. S. 65; *R. H. Chittenden,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 2. S. 424—433; *H. Krauſe,* Ueber die Darſtellung von Xanthinkörpern aus Eiweiß. Differt. Berlin. 1878.

[81]) Ueber Inoſinſäure handeln: *J. Liebig,* Ann. d. Chem. und Pharm. Bd. 62. 1847. S. 257; *Gregory,* ebenda. Bd. 64. 1847. S. 106; *Meißner,* Zeitſchr. f. rat. Medicin. Bd. 31. 1868. S. 144; *Creite,* ebenda. Bd. 36. 1869. S. 195.

[82]) *Limpricht,* Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 127. 1863. S. 188.

[83]) Ueber die anorganiſchen Beſtandtheile (Waſſer-, Aſchen- und Gasgehalt) der Muskeln vgl. die chemiſch-phyſiologiſchen Handbücher; beſonders die von *Schloßberger, Naſſe* und *Hoppe-Seyler.*

[84]) Quantitative Fleiſchanalyſen.

Geſammtfleiſch des Rindes nach *Lehmann*'s Zuſammenſtellungen:

Waſſer	74,0—80,0
Feſte Beſtandtheile	26,0—20,0
In Waſſer unlösliche geronnene Eiweißkörper (Myoſin), Sarkolemma, Kerne, Gefäße und elaſtiſche Faſern	15,4—17,7
Glutin	0,6 —1,9

Fleiſch von Leuciscus rutilus nach *Limpricht:*

	I.	II.
Waſſer	77,89	78,18
Trockenſubſtanz . .	22,11	21,82
Albumin	2,85	3,01
Kreatin	0,11	—
Protſäure	0,70	0,69

Gefammtfleiſch des Rindes nach *Lehmann*'s Zuſammenſtellungen:

Kalialbuminat, bei 45° *C.* gerinnender Eiweißkörper und Serumeiweiß	2,2 —3,0
Kreatin	0,07—0,14
Fett	1,5 —2,30
Milchſäure	1,5 —2,30
Phosphorſäure . . .	0,66—0,70
Kali	0,50—0,54
Natron	0,07—0,09
Chlornatrium	0,04—0,09
Kalk	0,02—0,03
Magneſia	0,04—0,05

Fleiſch von Leuciscus rutilus nach *Limpricht:*

	I.	II.
Milchſäure	0,06	—
Taurin	0,11	—
Anorganiſche Salze .	1,35	—
In Waſſer löslich . .	0,76	—
In Waſſer unlöslich .	0,58	—

1000 Gewichtstheile enthalten nach *G. Bunge* (Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. Bd. 9. 1885. S. 60—62):

	Fettfreies Rindfleiſch	Fettreiches Rindfleiſch
K_2O	4,654	4,160
Na_2O	0,770	0,811
CaO	0,086	0,072
MgO	0,412	0,381
Fe_2O_3	0,057	—
P_2O_5	4,674	4,580
Cl	0,672	0,709
Präformirte SO_3	—	0,010
Gefammt-S . . .	—	2,211

[85]) *A. Valenciennes* u. *Fremy*, Ann. de chim. et de phys. 3. Sér. T. 50. 1857. p. 129—178.

[86]) *Regnard*, Recherches expér. sur les variations pathologiques des combustions respiratoires. Thèse inaug. Paris. 1878. p. 30 ff.

[87]) Ueber Muskelgifte:

C. Binz, Centralbl. f. d. med. Wiſſ. 1867. S. 308, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 3. S. 383, Exp. Unterſ. über das Weſen der Chininwirkung. Berlin. 1868, Das Chinin. Berlin. 1875, Arch. f. Anat. u. Phyſiol. Phyſiolog. Abth. 1885.

S. 146; *Krukenberg,* Vgl. phyſiolog. Studien. 1. Reihe. 1. Abth. S. 1—36 u. S. 77—159, 3. Abth. S. 1—65 u. S. 124—180, 2. Reihe. 3. Abth. S. 116—123; *Schmiedeberg,* Arch. f. exp. Pharmakologie. Bd. 2. 1874. S. 62; *Prevost,* Gazette médic. de Paris. 1867. Nr. 5. 8. 10 u. 11; *C. Arnold,* Beitr. z. vgl. Phyſiol. Inaug.-Diſſ. Bern. 1881; *Grützner,* Breslauer ärztl. Zeitſchr. 1883. Nr. 18 u. 24; *Kühne,* Arch. f. Anat. u. Phyſiolog. 1859. S. 213; *Grützner,* Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 17. 1878. S. 250.

Auf Grund der Verſuche an Fröſchen und Säugethieren laſſen ſich die durch chemiſch reine Subſtanzen hervorgerufenen Wirkungen auf die Muskeln folgendermaßen gruppiren:

A. Lähmende Wirkungen.

1. Der Muskel wird durch die Subſtanzen todtenſtarr gemacht und in Folge deſſen erfolgt Lähmung.

   Coffeïn.

2. Es tritt vollkommene Erſchlaffung des Muskels (charakteriſtiſche «Ermüdungscurve») ein und dadurch wird der Eintritt der Todtenſtarre ebenſo unmöglich wie die phyſiologiſche Thätigkeit. Die Muskelleiſtung wird durch gewiſſe Gaben aufgehoben, durch kleinere einfach abgeſchwächt.

   Kupfer, Antimon (bei großen Doſen), Helleboreïn, Kalium, Rubidium; Chloroform (bei Kaltblütern).

3. Die Contraction des Muskels iſt die normale, aber derſelbe erſchlafft weit langſamer. Bei der Zuckung wird mehr Wärme entwickelt als normal, der Stoffumſatz iſt demnach auch ein größerer. Die Contractilität erlöſcht verhältnißmäßig früh, doch iſt die Muskelleiſtung gewöhnlich nur ſehr wenig herabgeſetzt.

   Veratrin.

4. Wahrſcheinlich durch Behinderung der Starre wird der Muskel eigenthümlich ſteif, blaß und bleibt halb contrahirt. Die Form der Ermüdungscurve iſt ſehr erheblich verändert und ſo unregelmäßig geworden, daß die aufeinander folgenden Zuckungshöhen oft himmelweit von einander verſchieden ſind. Die Wirkung äußert ſich an dem Herzen und den Skeletmuskeln, nicht aber an der glatten Muskulatur.

   Blei; Cocaïn und Emetin (nur in großen Doſen).

B. Erhöhung der Erregbarkeit, aber nicht der Leiſtungsfähigkeit und Contractilität.

Phyſoſtigmin, Kampher.

C. Ohne daß zugleich die Erregbarkeit oder die abſolute Leiſtungsfähigkeit des Muskels geſteigert zu ſein braucht, zeigt ſich die Leiſtung desſelben unter

Umſtänden erhöht (cf. *Kobert*, Arch. f. exp. Path. Bd. 15. S. 56—73 und *Harnack*, ebenda. Bd. 19. S. 180).

Kreatin, Hypoxanthin, Coffeïn (bei ſchwachen Gaben), Glykogen.

D. Die Elaſticitätsverhältniſſe des (Herz-) Muskels verändern ſich in eigenartiger Weiſe, ohne daß zunächſt die Contractilität beeinträchtigt und die abſolute Leiſtungsfähigkeit erhöht oder vermindert wird.

Digitalin.

E. Die Muskelſubſtanz bleibt durchaus intact («indifferente» Mittel).

Chlornatrium, Natriumtartrat, Zinnoxydulnatriumtartrat, Alkohol (in kleinen und mittelgroßen Doſen).

Vgl. hierzu: *E. Harnack*, Arch. f. exp. Path. Bd. 3. 1875. S. 44—66 (Emetica); *Harnack* u. *E. Dietrich*, ibid. Bd. 19. 1885. S. 153—184 (Rubid. u. Cäſium); *Harnack*, ibid. Bd. 2. 1874. S. 254—306 (Apomorphin); *Harnack* u. *W. Hafemann*, ibid. Bd. 17. 1883. S. 145—188 (Atropin, Kupfer, Blei, Phyſoſtigmin); *Fick* u. *Boehm*, Verhandl. d. phyſik.-medic. Geſ. zu Würzburg. N. F. Bd. 3. 1872. S. 198 (Veratrin); *Harnack*, Arch. f. exp. Path. Bd. 9. 1878. S. 152—225 (Blei); *R. Kobert*, ibid. Bd. 15. 1881. S. 22—80 (Muskelgifte im Ganzen); *Harnack*, ibid. Bd. 2. 1874. S. 307—333 (Atropin, Phyſoſtigmin); *Harnack* u. *L. Witkowski*, ibid. Bd. 5. 1876. S. 402—454 u. *Harnack*, ibid. Bd. 12. 1880. S. 334—340 (Phyſoſtigmin u. Calabarin); *Schmiedeberg*, Beitr. z. Anat. u. Phyſiol. zu *C. Ludwig*'s Jubil. 1874. S. 222 (Digitalin).

[99] Cf. *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 1. Reihe. 1. Abth. S. 142.

[100] Literatur über die Contractionsverhältniſſe der Muskeln:

Ch. Richet, Archives de physiol. norm. et path. 2. Sér. T. 6. 1879, T. 7. 1880 u. Physiologie des muscles et des nerfs. Paris. 1882; *Fredericq* u. *Vanderelde*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 47. 1879. p. 771—797; *Ranvier*, Archiv de physiol. norm. et path. 2. Sér. T. 1. 1874. p. 5; *Marey*, Du mouvement dans les fonctions de la vie. Paris. 1868 u. Ann. des scienc. nat. Zoolog. 5 Sér. T. 12. 1869. p. 58; *H. Landois*, Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 17. 1867. S. 133 u. 178; *A. Rollett*, Zur Kenntniß des Zuckungsverlaufes quergeſtreifter Muskeln. Sitzungsb. d. k. Acad. zu Wien. Bd. 89. 3. Abth. 1884. S. 346—353; *Romanes*, Proc. r. Soc. T. 24. 1876. p. 143 u. T. 25. 1877. p. 464; *E. Fleiſchl*, Centralbl. f. d. medic. Wiſſ. 1875. S. 469—470; *A. Fick*, Beiträge z. vgl. Phyſiologie der irritabelen Subſtanzen. Braunſchweig. 1863; *J. Bernſtein*, De animalium evertebr. musculis nonnulla. Dissert. Berolini. 1860; *H. Kronecker* u. *W. Stirling*, Arch. f. Phyſiologie. 1878. S. 1—18; *J. Th. Cash*, ebenda. 1880. Suppl. S. 147—160; *Grützner*, Breslauer ärztl. Zeitſchr. 1883. Nr. 18 u. 24; *Luchſinger*, Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 28. S. 60; *A. Fick*, ebenda. Bd. 30. S. 596; *Fredericq*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. T. 46.

1878. p. 765; *W. Biedermann,* Ueber das Herz von Helix pomatia. Sitzungsb. der Wiener Acad. Bd. 89. 3. Abth. 1884. S. 30.

[90]) *Rollett* (a. a. O., S. 347 Anm. 1) bemerkt, daß ganz gleiche Muskeln wie in die Beine, ſich auch in die Flügeldecken und die Flügel der Käfer inſeriren, hier den gelben Flügelmuskeln gegenüber nur ſehr zurücktreten. Dieſes Vorkommen von zweierlei Muskeln ſteht in Beziehung zu zwei weſentlich verſchiedenen Actionen. Die eine derſelben iſt die Entfaltung des Flugapparates, Stellung der Flügeldecken und Ausſpannung der Flügel. Dieſe Action erfolgt ungefähr nach demſelben Modus wie die Bewegung der Beine. Die zweite Action iſt das Fliegen ſelbſt, von welchem wir durch die Unterſuchungen *Marey*'s wiſſen, daß es bei den Inſecten durch eine oft bis zu außerordentlicher Höhe geſteigerte Frequenz der Flügelſchläge zu Stande kommt.

[91]) Ein Blick auf die von *Rollett* gefundenen Werthe (vgl. Tabelle auf S. 331) zeigt uns, daß von ihm an Käfermuskeln ähnliche Verhältniſſe angetroffen wurden als von *Caſh* bei Wirbelthieren. *Rollett* vergleicht den Zuckungsverlauf der Dytiscus-Muskeln dem der weißen, den Zuckungsverlauf der Hydrophilus- und Maikäfermuskeln dem der rothen Kaninchenmuskeln.

[92]) *L. Hermann,* Handb. der Phyſiologie. Bd. 1. Th. 1. 1879. S. 43.

[93]) *Richet,* Physiologie des muscles etc. p. 115.

[94]) *L. Hermann,* a. a. O., S. 56 u. 57.

[95]) *R. J. Anderſon,* Unterſ. a. d. phyſiolog. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 4. 1882. S. 277.

[96]) *W. Biedermann,* Ueber die electriſche Erregung des Schließmuskels von Anodonta. Sitzungsber. d. k. Acad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 91. 3. Abth. 1885. S. 29—96.

[97]) Ueber die Elaſticitätserſcheinungen an den Muskeln vgl.: *Roßbach* u. *Anrep,* Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 21. S. 240—249; *Fick,* Beiträge etc. a. a. O. u. Arch. f. d. ges. Phyſiologie, Bd. 4. S. 309; *Wertheim,* Ann. de chim. et de physique. 3. Sér. T. 21. 1847. p. 385.

[98]) *Richet,* Physiologie des muscles etc. p. 175 note.

[99]) Ueber abſolute Muskelkraft und Hubhöhe vgl.: *Fél. Plateau,* Recherches sur la force absolue des muscles des invertébrés. Bull. de l'acad. r. de Belgique. 3. Sér. T. 6. 1883 u. T. 7. 1884; dazu ein Referat von *V. Graber,* Biolog. Centralbl. Bd. 4. 1865. S. 691—697; *Roſenthal,* Arch. f. Phyſiol. 1880. S. 187; *Richet,* Phyſiologie des muscles etc. p. 195—201; *Fick,* Beiträge etc. a. a. O., S. 53; *Heidenhain,* Mechaniſche Leiſtung, Wärmeentwicklung u. Stoffumſatz bei der Muskelthätigkeit. Leipzig. 1864. S. 114.

[100]) *A. Rollett,* Unterſ. über den Bau der quergeſtreiften Muskelfaſern. Theil I. Denkſchr. d. math.-naturw. Claſſe der k. Acad. d. Wiſſenſch. zu Wien. Bd. 49. 1885. S. 81—132.

[101]) *B. Haller*, Unterf. über marine Rhipidoglofſen. I. Morphol. Jahrbuch. Bd. 9. 1883. S. 66.

[102]) *Naſſe*, Zur Anatomie u. Phyſiologie der quergeſtreiften Muskelſubſtanz. Leipzig. 1882. S. 51—76.

[103]) *Grützner*, Breslauer ärztl. Zeitſchr. 1883. Nr. 18.

[104]) *C. Sachs*, Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1872. S. 607.

[105]) *Engelmann*, Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 23. 1880. S. 571—590.

[106]) *Naſſe*, a. a. O., S. 66.

[107]) Literatur über die gelben Flugmuskeln der Inſecten:

Naſſe, a. a. O., S. 6 u. 66; *G. R. Wagener*, Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1863. S. 231; *Leydig*, Lehrbuch d. Hiſtiologie. Hamm. 1857. S. 137 u. 142; *Kölliker*, Mikrofk. Anat. Leipzig. 1850. Bd. 2. S. 263; *Kühne*, Ueber die peripheriſchen Endorgane der motoriſchen Nerven. Leipzig. 1862. S. 32 Anm. 1; *V. Hensen*, Arb. a. d. phyſiol. Inſt. zu Kiel. 1868. S. 8; *A. Weismann*, Zeitſchr. f. rat. Medic. 3. Reihe. Bd. 15. S. 72; *F. Merkel*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 8. S. 244; *Rollett*, a. a. O., S. 87.

[108]) *Fél. Plateau*, Sur la force musc. des Insectes. Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2. Sér. T. 20. 1865 u. T. 22. 1866.

[109]) *Richet*, Physiologie des muscles etc. p. 143.

[110]) Ueber doppeltſchräggeſtreifte Muskeln vgl.: *G. Schwalbe*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 5. 1869. S. 205—247; *Engelmann*, Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 25. 1881. S. 551—564; *B. Uljanin* (Die Arten der Gattung Doliolum etc. Fauna u. Flora des Golfes von Neapel. Leipzig. 1884. S. 26, Taf. 1. Fig. 8 u. 9, Tafel 7. Fig. 3 u. Taf. 8. Fig. 7), der von doppeltſchräggeſtreiften Muskeln nichts zu wiſſen ſcheint, beſchreibt und zeichnet von Doliolum einfachſchräggeſtreifte Muskelfaſern, die der glatten Muskulatur zugezählt werden. Nimmt man dazu, daß die ſpitzen Enden der meiſten ſpindelförmigen Muskelzellen häufig korkzieherartig gewunden ſind, ſo erſcheint die *Engelmann*'ſche Auffaſſung der doppeltſchräggeſtreiften Fibrillen keineswegs ſchon von vornherein als unwahrſcheinlich.

[111]) Ueber die glatte Muskulatur vgl.: *G. Schwalbe*, a. a. O.; *Engelmann*, a. a. O. u. Arch. f. d. geſ. Phyſiologie. Bd. 11. 1875. S. 460 ff.; *B. Haller*, Die Organiſation der Chitonen der Adria. II. Theil. Arbeiten des Zoolog. Inſtit. der Univ. Wien. Bd. 5. S. 29—35; *G. R. Wagener*, Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1863. S. 211; *J. Rofenthal*, Allg. Phyſiol. d. Muskeln u. Nerven. Leipzig. 1877. S. 97; *Richet*, Physiologie des muscles etc. p. 256.

[112]) Ueber die Bedenken, welche ſich dieſer Annahme *Engelmann*'s entgegenſtellen, vgl. *Kühne*, Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1879. S. 49—50, und Ueber Nervenendigung in den Muskeln. Verhandl. d. naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. 3. Heft 3. 1884. S. 238-242.

[113]) Literatur über die motoriſchen Nervenendigungen:

An glatten Muskeln. *J. Szpilman* u. *Luchſinger,* Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 26. 1881. S. 459—463; *Schmiedeberg,* Grundriß der Arzneimittellehre. Leipzig. 1883. S. 56; *W. Wolff,* Arch. f. mikr. Anat. Bd. 20. 1882. S. 361—372; *B. Haller,* Morphol. Jahrb. Bd. 9. S. 53.

An quergeſtreiften Muskeln. *Th. Eimer,* Die Meduſen. Tübingen. 1878. Taf. 3. Fig. 5 u. 12; *Rollett,* Unterſ. über d. Bau der quergeſtr. Muskelfaſern. Th. I. (a. a. O.) S. 106—110; *Kühne,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1879. S. 1—148, Ueber motoriſche Nervenendigung. Sep.-Abdr. a. d. Verhandl. des naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. Bd. 3. Heft 2. 1882, Weitere Beobachtungen über mot. Nervenendigung, Die mot. Nervenendigung und Ueber Nervenendigung in den Muskeln. ibid. Bd. 3. Heft 3. 1884, Die Verbindung der Nervenſcheiden mit dem Sarkolemm. Zeitſchr. f. Biologie. Bd. 19. S. 501—534.

[114]) Der ſo eigenartige Einfluß des Atropins auf die Blutegelmuskeln (*Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. 1. Reihe. 1. Abth. 1880. S. 90—92) kann unmöglich in einer Wirkung des Giftes auf die Ganglien, welche, mit den Muskelnerven verbunden, den Muskelfaſern ſo eng und zahlreich anliegen (vgl. *R. Gſcheidlen,* Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. S. 321—332), begründet ſein; die Unerregbarkeit der atropiniſirten Muskeln lehrt vielmehr, daß es ſich in dieſem Falle um eine echte Lähmung der contractilen Subſtanz im Erſchlaffungszuſtande handelt.

[115]) Vgl. *Krukenberg,* Die eigenart. Methoden der chemiſchen Phyſiologie. Heidelberg. 1885. S. 10—15.

[116]) Vgl. die Beobachtungen von *B. Haller* (Beiträge z. Kenntniß der Nerven im Peritoneum von Doris tuberculata. Arb. a. d. Zoolog. Inſt. d. Univ. Wien. Bd. 5. 1884. S. 253—270) über die den Nervenfaſern eingeſtreuten kleinſten Ganglienzellen bei Doris.

[117]) *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. 1. Reihe. 3. Abth. 1880. S. 124 bis 146.

Herr *G. J. Romanes* (Jelly-Fish, Star-Fish and Sea-Urchins. London. 1885. p. 237) ſtattet mir für die Beſtätigung (?) ſeiner Verſuche und der Exactheit ſeiner Methoden Dank ab und bemerkt dazu, daß meinerſeits ein fundamentaler Irrthum vorliege, wenn ich zur Prüfung des Contractilitätsvermögens der Muskeln die elektriſchen Reize den mechaniſchen gegenüber bevorzuge. Herr *Romanes* ſcheint noch immer nicht eingeſehen zu haben, daß ſeine Curareverſuche an Meduſen in der Weiſe, wie er ſie vor dem Erſcheinen meiner Arbeiten veröffentlicht hatte, ſchon deshalb vollkommen belanglos waren, weil ſie über den Zuſtand der Muskeln nach der Vergiftung keinen Aufſchluß ertheilten; nicht auf die Nerven, ſondern vor allem auf peripher gelegene Gang-

lien galt es bei den Verſuchen Rückſicht zu nehmen, und von letzteren ausgehende Reflexwirkungen heben ſich nur dann als ſolche ab, wenn einfach mechaniſche Reize wirkungslos bleiben, Inductionsſtröme dagegen den Muskel noch zur Contraction veranlaſſen. Indem ich zum Nachweiſe der durch Curare vergifteten Organtheile *Bernard*'s berühmte Methode — welche Herr *Romanes* zwar nicht anſteht für ſeine eigene auszugeben — in der, den *Eimer*'ſchen Erfahrungen entſprechenden, allein denkbaren und deshalb auch von Herrn *Romanes* befolgten Modification auf die Meduſen anwandte, ſtellte ich zweifellos zuerſt feſt, daß bei dieſen Thieren die motoriſchen Nervenendapparate durch das Curare in der gleichen Weiſe wie bei den Wirbelthieren gelähmt werden; denn ſo lange die Toxicologie an dem Axiome feſthalten wird, daß die Nervenſtränge als ſolche unvergiftbar ſind, kann auch bei den Meduſen der Angriffspunkt für das Curare nur noch in den motoriſchen Nervenendigungen geſucht werden. Die an den Meduſen von mir klargelegten Verhältniſſe laſſen es ganz irrelevant erſcheinen, ob die Nerven oder die Muskeln von den elektriſchen Reizen in erſter Inſtanz betroffen werden; aber Herr *Romanes* begreift es einmal nicht, weshalb hier elektriſche Reize (entgegen den mechaniſchen) allein am Platze ſind; ihm ſchweben nur Nerven vor und Reflexe, ausgehend von peripheren motoriſchen Ganglien, liegen ſeinen Vorſtellungen ſo unendlich fern wie einſtmals den Heroen des Mittelalters. Würde Herr *Romanes* über die «gut bekannten Principien der Nerven- und Muskelphyſiologie», mit denen er ſo gern coquettirt, etwas beſſer orientirt ſein, ſo würde er in meinem Schema der Innervationsverhältniſſe bei den Meduſen auch ſicherlich etwas anderes als reine Willkürlichkeiten erblicken. Der mir zugeſchriebene fundamentale Irrthum liegt allein auf Herrn *Romanes*' Seite.

Beiläufig ſei bemerkt, daß die von *Luchſinger* (Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 28. 1882. S. 47) gewünſchte Modification des Cureverſuches an Meduſen, die darin beſteht, die entrandete Schirmhälfte uncurariſirt zu laſſen, die Hälfte mit intactem Schirmrande dagegen durch Curare zu vergiften, von mir an verſchiedenen Species mit dem nämlichen entſcheidenden Reſultate ausgeführt iſt, welches bei Vergiftung der entrandeten Hälfte zu erzielen war. Zuletzt führte ich derartige Verſuche 1882 an Aurelia aurita aus und es zeigte ſich dabei, daß bei öfters wiederholtem Wechſel friſchen curariſirten Meerwaſſers die unvergiftet gelaſſene Hälfte noch ſtundenlang fortſchlagen kann, wenn an der vergifteten, mit erhaltenen Randkörpern jede ſelbſtändige Contraction erloſchen iſt. Demjenigen zwar, welcher die Innervationsverhältniſſe bei den Meduſen kennt, wird das Verſuchsreſultat, welches meines Dafürhaltens zur Klarlegung der Vergiftungserſcheinungen ausreichend war und auf deſſen Mittheilung ich mich deshalb beſchränken zu dürfen glaubte, beweiskräftiger erſcheinen als das von *Luchſinger* verlangte. Daß die ſenſiblen Nervenendigungen

durch Curare nicht gelähmt werden, hatte bereits *Romanes* feſtgeſtellt, aber auch darin befindet ſich *Romanes* im Irrthum, daß er glaubt, ich habe dieſem Verſuche die Beweiskraft beſtritten und ihm die Anwartſchaft auf denſelben ſtreitig gemacht.

Die ſpäter ohne jede Literatur- und Sachkenntniß von *R. Dubois* (Compt. rend. de la soc. de biolog. 1883. p. 304—307) an Actinien und von *E. Staßana* (Mém. de la soc. de biolog. Paris. 1883. p. 59—66) an Meduſen etc. ausgeführten Curarevergiftungen haben unſer Wiſſen nach keiner Richtung hin bereichert.

[118]) Die Darſtellung der Innervationsverhältniſſe bei den quergeſtreiften Wirbelthiermuskeln baſirt ausſchließlich auf den Unterſuchungen von *Kühne* (ſ. unter Anm. 113); wo es zweckdienlich erſchien, ſind deſſen Arbeiten die Sätze faſt wörtlich entnommen.

[119]) Ueber die Entladungshypotheſen vgl. *W. Krauſe,* Arch. f. mikr. Anat. Bd. 13. S. 170—179; *Kühne,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg. Bd. 3. 1879. S. 1—148; *E. du Bois-Reymond,* Dr. *Carl Sachs'* Unterſuchungen am Zitteraal. Leipzig. 1881. S. 222, 249 u. 417.

[120]) Ueber das formveränderliche Protoplasma vgl. die zuſammenfaſſenden Arbeiten von *Engelmann,* Protoplasma und Flimmerbewegung. *Hermann*'s Handb. der Phyſiologie Bd. 1. 1. Theil. 1879. S. 343—408 und *J. Sachs,* Vorleſungen über Pflanzenphyſiologie. Leipzig. 1882. Vorleſung 31, 34—40.

[121]) *J. Sachs,* a. a. O., S. 101 u. 521.

[122]) *J. E. Schloßberger,* Chemie der Gewebe. Leipzig u. Heidelberg. 1856. Bd. 2. S. 265.

VI.

GRUNDZÜGE

EINER

VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

DER

NERVÖSEN APPARATE.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG IN HEIDELBERG.

Alle Rechte vorbehalten.

Grundzüge einer vergleichenden Phyſiologie der nervöſen Apparate.

Eine vergleichende Nervenphyſiologie iſt nur dann möglich, wenn die drei Elemente des Nervenſyſtemes (die Nervenzellen, die Nervenfaſern und die Nervenendapparate) zuſammenbetrachtet werden [1]). Die anatomiſchen Verſchiedenheiten, welche die Nervenfaſern (markhaltige, *Remak*'ſche und allein aus dem nackten Axencylinder beſtehende Faſern) oder, richtiger geſagt, die Axencylinder hinſichtlich ihrer Umkleidung aufweiſen, ſind zwar denen der Muskelfibrillen an die Seite geſtellt worden [2]), geſtatten aber nicht im Entfernteſten jenen tiefen Einblick in die Functionsabweichungen, welchen uns der hiſtiologiſche Bau der Muskelfaſern gewährt hat. Sehen wir ab von den Complicationen der Nervenumſcheidung und den Abweichungen, welche durch einen wechſelnden Markgehalt bedingt werden, ſo walten zwiſchen den einzelnen Nervenfaſergattungen (centrifugalleitende [motoriſche, ſecretoriſche, hemmende, trophiſche, electriſche etc.], centripetalleitende [Empfindungs- und Reflexnerven] und intercentrale Nerven), zwiſchen den einzelnen Ganglienzellen (reflectoriſche, automatiſche [continuirlich oder rhythmiſch thätig] und Willenscentren) nur greifbarere phyſiologiſche Unterſchiede ob, welche bezüglich der Nervenfaſern auch nur in der verſchiedenartigen Einrichtung der Endapparate begründet ſein können; weder das Mikroſkop noch die chemiſche Prüfung ließen weſentlichere Unterſcheidungsmerkmale erkennen, und auch bezüglich ihres Verhaltens gegen Reize, ihres Leitungsvermögens [3]),

ihrer electromotoriſchen Eigenſchaften gleichen die ſenſibelen Nerven den motoriſchen in allen weſentlichen Puncten. Kurz geſagt, eine der vergleichenden Phyſiologie der contractilen Gewebe nachgebildete vergleichende Phyſiologie des Nervengewebes iſt, wenigſtens gegenwärtig, eine wiſſenſchaftliche Unmöglichkeit; nur die Darſtellung einer vergleichenden Phyſiologie der Innervationsverhältniſſe läßt ſich verſuchen!

Chemiſches Verhalten und chemiſche Vorgänge.

Noch eine andere Ueberlegung entrückt das Nervengewebe als ſolches einer vergleichend phyſiologiſchen Betrachtung. Die Fortſchritte, welche die Verdauungslehre, unſere Kenntniß von den thieriſchen Gerüſtſubſtanzen, den thieriſchen Färbungen, den Reſpirationsvorgängen etc. in den letzten Decennien zu verzeichnen hatten, liegen ziemlich ausſchließlich, die Errungenſchaften der Lehre von den contractilen Geweben vornehmlich auf chemiſch-phyſiologiſchem Gebiete. Nicht ſo iſt es bei dem Nervengewebe! Was chemiſch über dieſes, und zwar ausſchließlich an Wirbelthieren (meiſt am Säugergehirn) ermittelt wurde, läßt ſich in wenigen Sätzen zuſammenfaſſen und beſitzt nur ein geringes ſpeciell phyſiologiſches, geſchweige ein größeres vergleichend phyſiologiſches Intereſſe, wennſchon es auch dieſem ſicherlich zugängig zu machen ſein würde[4]).

Nicht einmal die elementarſten Fragen ſind in der Nervenchemie zum Austrag gelangt; bezüglich der Reaction der Nervenzellen bei den Wirbelthieren begegnen wir noch den widerſprechendſten Angaben, weniger zwar für die markreiche weiße Subſtanz, welche auch nach dem Abſterben ihre neutrale oder ſchwach alkaliſche Reaction bewahrt, als vielmehr für die graue Nervenparzellenmaſſe. *Laſſaigne* hatte angegeben, daß die graue Subſtanz des Gehirns alkaliſch reagire, nach dem Tode aber raſch ſäuere, während *Gſcheidlen* und *Edinger* ſie immer ſauer fanden; *Langendorff* neigte ſich wieder der *Laſſaigne*'ſchen Anſicht zu und ſah die Alkalescenz an der Großgehirnrinde bei Neugeborenen weit beſſer

ſich erhalten als an der waſſerärmern von Erwachſenen. Alle dieſe widerſprechenden Angaben ſcheinen jetzt durch Tinctionsverſuche, welche *Ehrlich* an verſchiedenen Nervenfaſern mit Methylenblau ausführte, ihre Erklärung gefunden zu haben. *Ehrlich*'s Verſuche ergaben, daß ſowohl ſaure und alkaliſche wie neutral reagirende Nervenfaſern vorkommen, und dementſprechend auch im Gehirn je nach dem Orte und der Function eine vieltönige Abſtufung der Alkalescenzgrade ſtattfindet, die im Verein mit den Veränderungen der Sauerſtofffättigung darüber entſcheidet, ob und welche Körper in beſtimmten Territorien des Nervenſyſtems aufgenommen werden können. Daß das Cerebrin (nach *Geoghegan* und *Hoppe-Seyler* $C_{57}H_{109}NO_{12}$) der weißen, die Gährungsmilchſäure und mehrere organiſche Extractivſtoffe (Kreatin, Inoſit, Xanthin, Hypoxanthin) dagegen der grauen Nervenzellenmaſſe allein oder faſt ausſchließlich zukommen, daß der Waſſergehalt der weißen Subſtanz geringer und dafür ihr Choleſtearingehalt weit bedeutender als der der grauen Hirnſubſtanz iſt, dürfte nach *Hoppe-Seyler* jetzt ebenfalls ſicher entſchieden ſein [5]).

Von allen Beſtandtheilen der Nervenzellen kommt nur dem Cholin, dem Protagon (nach *Gamgee* und *Blankenhorn* $C_{160}H_{308}N_5PO_{35}$) und den Lecithinen wegen ihrer gut bekannten Derivate

$$\left(\text{Cholin} = \begin{matrix}CH_2\text{-}OH\\ |\\ CH_2\text{-}N(CH_3)_3OH\end{matrix};\ \text{Neurin} = \begin{matrix}CH_2\\ ||\\ CH\text{-}N(CH_3)_3OH\end{matrix};\right.$$

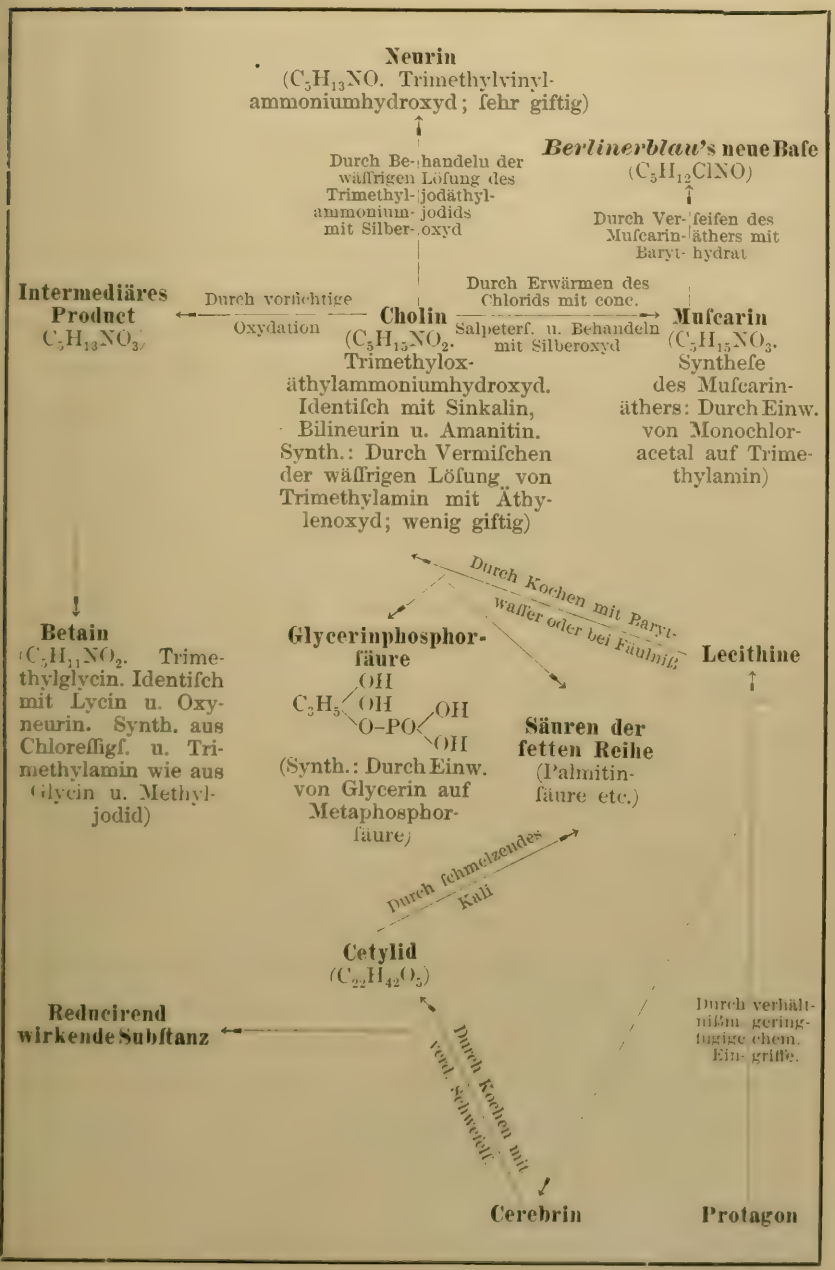
$$\text{Betain} = \begin{matrix}CH_2\text{-}N(CH_3)_3\\ |\\ CO\text{-}\ O\end{matrix} + 1\,\text{aq.};\ \text{Muſcarin} = \begin{matrix}CH(OH)_2\\ |\\ CH_2\text{-}N(CH_3)_3OH\end{matrix};$$

$$\left.\textit{Berlinerblau}\text{'s neue Baſe: } \begin{matrix}CH_2\ N(CH_3)_3Cl\\ |\\ COH\end{matrix}\right)$$

eine größere chemiſch-phyſiologiſche Bedeutung zu, wenn ſchon auch letztere Stoffe, gleich den im Gehirn ebenfalls aufgefundenen Nucleinen, einen außerordentlich weiten Verbreitungskreis beſitzen und ſo z. B. in dem Eidotter, welcher mit dem Gehirn eine auffallende

Uebereinſtimmung in der qualitativen, nicht jedoch in der quantitativen Zuſammenſetzung darbietet, reichlich vertreten ſind. Das Protagon wie die Lecithine beanſpruchen deshalb unſer Intereſſe, weil jüngſt ſowohl über ihre Beziehung zu dem giftigen, den Ptomainen zugezählten Neurin, wie auch zu dem einzigen bislang ſynthetiſch dargeſtellten Alkaloïde, dem Muſcarin[6]), Licht verbreitet wurde. Ich habe mir nicht verſagen wollen, die zwiſchen dieſen Körpern beſtehenden Verwandtſchaftsverhältniſſe ſchematiſch[7]) zum Ausdruck zu bringen, was auf Seite 401 geſchehen iſt. Vielleicht werden ſich demnächſt für einen andern Hirnbeſtandtheil, das Choleſtearin ($C_{26}H_{44}O$ + aq.), nicht weniger wichtige Aufſchlüſſe ergeben. Wir kennen ſchon jetzt die genetiſchen Beziehungen der Choleſtearine zu den Lipochromen (vgl. S. 86 und 88) und wiſſen, daß das Choleſtearin mit Salzſäure und Eiſenchlorid eine ähnliche Reaction als der Kampher und das Terpentinöl giebt, gleich den Gallenſäuren als Zerſetzungsprodukt Choleſtearinſäure ($C_8H_{10}O_5$) liefert und ſich ähnlich den Cholalſäuren mit conc. Schwefelſäure färbt; den bisherigen Erfahrungen über das Choleſtearin läßt ſich aber nur entnehmen, daß dasſelbe ein einatomiger Alkohol iſt.

Die chemiſchen Beſtandtheile der Nervenſtränge weichen von denen der Nervenzellen im Weſentlichen nicht ab, und die chemiſchen Wechſel, denen ſie gleich dieſen bei Ausübung ihrer Function unterworfen ſein müſſen, ſind ebenfalls noch völlig dunkel oder controvers. Man nimmt an, daß der Nerv bei anhaltender Thätigkeit ſeine gewöhnlich alkaliſche oder neutrale Reaction mit einer ſauren vertauſcht *(Funke)*, daß ſich bei ſeiner Erregung, bedingt durch die ablaufenden chemiſchen Proceſſe, Wärme entwickelt *(Schiff)* und ſich dabei vielleicht auch das electriſche Leitungsvermögen des Nerven ändert. Gleich der Hirnmaſſe gewähren den Nervenſträngen ein zartes Neurokeratingerüſt und eine collagene Materie die nöthige Feſtigkeit wie Elaſticität, und die Prädilection, ſei es für einfach von außen aufgenommene oder für ſelbſt gebildete


Neurin
($C_5H_{13}NO$. Trimethylvinylammoniumhydroxyd; ſehr giftig)
Durch Behandeln der wäſſrigen Löſung des Trimethyl-jodäthylammonium-jodids mit Silberoxyd
Berlinerblau's neue Baſe
($C_5H_{12}ClNO$)
Durch Verſeifen des Muſcarinäthers mit Barythydrat
Intermediäres Product
$C_5H_{13}NO_3$
Durch vorſichtige Oxydation
Cholin
($C_5H_{15}NO_2$. Trimethyloxäthylammoniumhydroxyd. Identiſch mit Sinkalin, Bilineurin u. Amanitin. Synth.: Durch Vermiſchen der wäſſrigen Löſung von Trimethylamin mit Äthylenoxyd; wenig giftig)
Durch Erwärmen des Chlorids mit conc. Salpeterſ. u. Behandeln mit Silberoxyd
Muſcarin
($C_5H_{15}NO_3$. Syntheſe des Muſcarinäthers: Durch Einw. von Monochloracetal auf Trimethylamin)
Betain
($C_5H_{11}NO_2$. Trimethylglycin. Identiſch mit Lycin u. Oxyneurin. Synth. aus Chloreſſigſ. u. Trimethylamin wie aus Glycin u. Methyljodid)
Durch Kochen mit Barytwaſſer oder bei Fäulniß
Glycerinphosphorſäure
$C_3H_5(OH)_2(O{-}PO(OH)_2)$
(Synth.: Durch Einw. von Glycerin auf Metaphosphorſäure)
Lecithine
Säuren der fetten Reihe
(Palmitinſäure etc.)
Durch ſchmelzendes Kali
Cetylid
($C_{22}H_{42}O_5$)
Reducirend wirkende Subſtanz
Durch verd. Schwefelſ.
Durch Kochen mit
Durch verhältnißm. geringfügige chem. Eingriffe.
Cerebrin
Protagon

Pigmente, auf welche bei mehreren Hirntheilen (locus niger Soemmeringii, substantia ferruginea ventriculi quarti, substantia nigra pedunculi etc.) ſchon der Name hinweiſt, finden wir auch bei Nervenfaſern wieder [8]).

Die geringe Gewichtsabnahme des Gehirns und Rückenmarks wie die der Nervenſtränge im Hungerzuſtande, die beſchränkte Zahl der ſie ſpeiſenden Blutgefäße und die außerordentliche Weite der Capillarnetze deuten ſchließlich auch einen trägen Stoffumſatz in allen nervöſen Elementen an; dieſer dürfte bei den Nervenfaſern im Allgemeinen am geringſten ſein und deren verhältnißmäßig große Reſiſtenz gegen Gifte wie gegen Wärme erklärlich machen. Viele Forſcher huldigen ſogar der Anſicht, daß die zugehörige Ganglienzelle das nutritive Organ des Nerven ſei und dieſer nur von jener aus ernährt werden könne, daß z. B. die Ernährung der ſenſibelen Rückenmarksnerven durch die Nervenzellen in den Ganglia intervertebralia, die der motoriſchen Nerven von im Rückenmark ſelbſt gelegenen Zellen beſorgt werde. Beweiskräftiger ſcheinen uns indeß die Thatſachen zu ſein, welche für eine lymphatiſche Ernährung der Nerven von ihren Flanken, den *Ranvier*'ſchen Schnürringen aus ſprechen, und welche, ſpeciell die motoriſchen Nerven betreffend, für eine Reſtitution der Lebenseigenſchaften von den intramuskulären Nervenendapparaten aus in's Feld geführt ſind [9]). Zwiſchen Nervenzelle und Nervenſtrang conſtatiren wir ebenſo wie zwiſchen Nervenfaſer und Sinneszelle nur ein functionelles Abhängigkeitsverhältniß, welches zwiſchen Nerv und Muskel allein beſteht und durch die trophiſche Wirkungsweiſe gewiſſer Nerven hier nur ſcheinbar verwiſcht wird; denn auch im letztern Falle handelt es ſich unſeres Erachtens nicht um eine Zufuhr von Ernährungsmaterial ſeitens der centrifugalleitenden Nerven, ſondern lediglich um Impulſe, welche in den Endorganen ſelbſt, ähnlich wie in den Secretionszellen, zu neuen Stoffmetamorphoſen Anlaß geben.

Die von der Ganglienzelle aus dem Nerven zufließende Erregung kann nicht mit einer electriſchen Spannungszu- oder -abnahme identificirt werden: dafür ſchreitet die Erregungswelle im Nerven viel zu langſam fort, die Zuckungshöhe am Muskel ſteht mit der Intenſität der zur Nervenreizung verwendeten Inductionsſtröme in keinem proportionalen Verhältniſſe *(Fick* und *Tiegel)* und bei directer electriſcher Reizung des Muskels kommt es zu Contracturen, die man vom Nerven aus nie erhält. Trotzdem iſt der Leitungsvorgang im Nerven mit einer electriſchen Spannungsänderung verknüpft und dieſe «negative Schwankung des Nervenſtroms» zeigen die ſenſibelen wie die motoriſchen Nerven aller Thiere, mögen ſie chemiſch, mechaniſch, thermiſch oder phyſiologiſch gereizt werden. Für die Evertebratennerven beleuchten dieſe Verhältniſſe die Verſuche am Hummer von *Fredericq* und *Vanderelde* [10]).

Mit den Schwankungen, welche der Nervenſtrom während der Erregung erfährt, müſſen nothwendig moleculare Veränderungen in der Nervenfaſer einhergehen, mit deren Auftreten ſich die langſame Ermüdung der Nerven im beſten Einklange befindet, und durch welche, wie wir ſahen (vgl. S. 371 ff.), auch die phyſiologiſche Erregung der Nervenfaſer zu erklären verſucht iſt. Eine Anzahl von Forſchern betrachtet zwar, wie ſeiner Zeit *Claude Bernard* [11]), die electriſchen Vorgänge als bei der Nervenerregung nebenher verlaufend und glaubt, daß es ſich dabei um eine einfache Coincidenz handele, wie etwa an der ſecernirenden Submaxillaris bei der Erweiterung der Blutgefäße und der Reizung des Chordanerven; aber die von *Cl. Bernard* für ſeine Auffaſſung geltend gemachten Vergiftungsverſuche ſind völlig irrelevant, denn weder das Antiarin noch das Digitalin können als eigentliche Nervenfaſergifte angeſprochen werden.

An dem oben ausgeſprochenen Satze von der phyſiologiſchen Identität [12]) der motoriſchen und ſenſibelen Nerven vermögen die

Doppelſinnige Leitung

Beobachtungen, daß die ſenſibelen Nerven thermiſch leichter erregbar ſind *(Grützner)*, bei Contracturen, Spaſmen, Choreaanfällen und bei Hyperkineſie leichter alterirt werden als die motoriſchen *(Richet)*, nichts zu verändern[13]); denn die Urſachen dieſes verſchiedenen Verhaltens liegen nicht in den Faſern, ſondern in deren verſchiedenartigen Endorganen begründet. Die experimentelle Entſcheidung der Frage nach dem doppelſinnigen Leitungsvermögen der Nervenfaſern iſt von *du Bois-Reymond* durch die Fortpflanzung der negativen Schwankung des Nervenſtroms an beiden Endquerſchnitten des Nerven in reinſter und unwiderleglicher Form geliefert; directe Beweiſe für eine perverſe Leitung der Nervenfaſern ſind indeß nur wenige beigebracht und auch dieſe erfreuen ſich keineswegs einer allgemeinen Anerkennung.

Die Verſuche von *Philipeaux* und *Vulpian*, welche zu beweiſen ſchienen, daß nach Durchſchneidung des Nervus hypoglossus der gewöhnlich rein ſenſible Nervus lingualis motoriſch werde, ſind ſpäter von *Vulpian* in anderer Weiſe gedeutet und *Heidenhain* hat das große Verdienſt, endgültig feſtgeſtellt zu haben, daß es ſich bei dieſem Verſuche nicht um ein motoriſch Werden des Lingualis handelt, ſondern daß die nach der Hypogloſſusdurchſchneidung beobachteten Bewegungen der Zunge auf einem indirecten Wege durch die Chorda ausgelöſt werden. Seitdem der bekannte Rattenſchwanzverſuch *Paul Bert's* durch ein Hineinwachſen ſenſibeler Faſern ebenfalls ſeine Beweiskraft für die vorliegende Frage eingebüßt hat, würde ausſchließlich noch dem ſog. Zweizipfelverſuche am Froſchſartorius von *Kühne* und der Beobachtung von *Babuchin*, daß im electriſchen Organe des Zitterwelſes nach Zerſtörung des von einem electriſchen Nerven verſorgten Bezirkes auf Reize des Nerven normal von dieſem nicht verſorgte electriſche Loben auf centralem Wege erregt werden, ein Gewicht beizulegen ſein.

Hemmungsnerven.

Durch eine ganglionäre Verknüpfung ſenſibeler und rein motoriſcher Nervenbahnen glaubte man bis vor Kurzem ſämmtliche

nervöſen Vorgänge im weiten Bereiche der Wirbelloſen erklären zu können. Man war in Folge deſſen gezwungen, Annahmen zu machen, welche die verſchwommenen Ideen mancher moderner Hirnphyſiologen von der Regeneration exſtirpirter Ganglienhaufen, von dem Zuſammenwachſen durchtrennter Centralorgane und von der Uebernahme centralnervöſer Functionen durch Bindegewebszellen noch um ein Erkleckliches übertrafen; wir werden aber im Laufe unſerer Betrachtungen noch wiederholt Erſcheinungen begegnen, welche ohne die Mitwirkung ſog. hemmender Nervenfaſern gar nicht zu verſtehen ſind, wir werden Einrichtungen kennen lernen, welche unter den unmittelbaren Einfluß ſolcher Nerven geſtellt ſind, und deren Kenntniß die Annahme von Hemmungscentren und Hemmungsfaſern hier nicht (wie etwa das Hemmungscentrum *Setſchenow*'s im Wirbelthiergehirn) als einen überflüſſigen Ballaſt, ſondern, da auf den Ablauf der nervöſen Vorgänge einfach erſchwerend wirkende Verknüpfungen der Reflexapparate mit anderen Ganglienzellen keine Erklärung bieten, als abſolute Nothwendigkeit erſcheinen laſſen.

Der Nachweis von Ganglien in ſolchen Organen, welche offenbar dem Einfluſſe hemmender Faſern unterworfen ſind (wie z. B. das Herz, der Darm und die Speicheldrüſen), hat die Vorſtellung im Gefolge gehabt, daß die hemmenden Nerven [14]) auf periphere Ganglien einwirken und im Reizzuſtande den von letzteren ausgehenden Erregungsreiz für motoriſche Nerven unterdrücken. Nach dieſer Theorie müßte «das Ergebniß einer gleichzeitigen Erregung beider Nervenclaſſen die algebraiſche Summe ihrer Einzelwirkungen ſein, ſofern jede Claſſe die Wirkung der andern unmittelbar beeinträchtigt»; dieſe Auffaſſung hat ſich jedoch nicht bewahrheitet!

So beobachtete *M. v. Frey* an der Submaxillardrüſe des Hundes, daß der Verengungs-(Sympathicus) und der Erweiterungsnerv (Chorda) der Gefäße keineswegs in dem Sinne unmittelbar gegen einander wirken, daß der eine die durch den andern geſetzte Ver-

änderung verringert oder rückgängig macht, ſondern daß vielmehr der Sympathicus die durch die Chorda hervorgerufenen Veränderungen der Gefäßmuskulatur fortbeſtehen läßt und nur die Aeußerungen derſelben unterdrückt. Einen weitern werthvollen Beitrag zur Löſung der Frage lieferte unter *Heidenhain's* Leitung *J. Pawlow.*

Dieſer Forſcher unterſuchte bei Anodonta die Abhängigkeit der Schließmuskeln von den einzelnen Hauptganglien und fand, wie ſpäter noch ausführlicher zu referiren ſein wird, daß die Muskeln unter doppeltem Nerveneinfluſſe ſtehen, daß zu ihnen zwei Claſſen von Nervenfaſern treten, die einen motoriſche, die anderen hemmende, welche den verkürzten Zuſtand der Muskeln aufheben und Erſchlaffung derſelben herbeiführen. Da nun im Innern dieſer Muskeln Ganglienzellen nicht vorhanden ſind, müſſen ſowohl die motoriſchen als die erſchlaffenden Faſern hier direct auf die Muskelfaſern einwirken. Dieſe Thatſachen drängen aber ferner zu der Annahme, daß der ſog. Erſchlaffungszuſtand der Muskeln nicht bloß Aufhebung derjenigen inneren Veränderungen in der Muskelfaſer iſt, welche die Verkürzung bedingen, und daß der innere Vorgang der Verkürzung nicht ohne Weiteres diejenigen Veränderungen im Innern der Muskelfaſern aufhebt, welche die Erſchlaffung herſtellen, ſondern daß es «wohl beſondere Theile im Innern der Muskelfaſern ſind, auf welchen die Verkürzung, und beſondere, auf welchen die Erſchlaffung beruht». — Es empfiehlt ſich nicht, auf die Hemmungsvorrichtungen ſchon jetzt näher einzugehen, und wir wenden uns deshalb den trophiſchen Nerven zu, über welche hier gleich alles berichtet werden ſoll, was ſich einer ſpeciellen phyſiologiſchen und pathologiſchen Behandlung zu entziehen pflegt, aber von hervorragendem Werthe für die vergleichende Phyſiologie iſt [15]).

Trophiſche Nerven.

Die trophiſchen Nerven bilden ein viel umſtrittenes Capitel der Nervenphyſiologie, doch, wie mir ſcheint, betreffen die über

die Berechtigung ihrer Aufſtellung ſehr auseinandergehenden Meinungsverſchiedenheiten wenigſtens in mancher Beziehung mehr den Wortbegriff als die Thatſachen ſelbſt. Indem man ſich gewöhnte, bei Claſſification der centrifugalleitenden Nerven die phyſikaliſche Seite des Effectes der Nervenerregung an den Endorganen mehr als die chemiſche in's Auge zu faſſen, gelangte man zur Aufſtellung der motoriſchen, der vaſomotoriſchen, der coloratoriſchen, der electriſchen, der Licht erzeugenden Nerven u. ſ. w.; nur wo die Producte der chemiſchen Proceſſe wie bei den Secretergüſſen ſo offen zu Tage treten, wurden auch die chemiſchen Vorgänge berückſichtigt. Im Uebrigen war man ſich bei den Unterſcheidungen wenig bewußt, daß die Erregung jedes Organes durch Nerveneinfluß mit chemiſchen Veränderungen unabänderlich verbunden iſt. Nichts erſcheint aber plauſibler als die Annahme, daß nicht in allen Endorganen centrifugalleitender Nerven die durch Nervenreiz ausgelöſten chemiſchen Vorgänge von einer Contraction, einer beträchtlicheren Electricitäts- oder Lichtentwicklung begleitet zu ſein oder ſich gerade als Secretionen zu äußern brauchen. Der durch den Nervenreiz veränderte Stoffwechſel kann in dem Endorgane jedenfalls auch als ſolcher rein beſtehen, und bei der Erregung eines Organes durch Nerveneinfluß ſind die chemiſchen Veränderungen allemal das Primäre, die phyſikaliſchen allemal das Secundäre und ſicherlich kein unbedingt nothwendiges Attribut der erſteren. Proceſſe dieſer Art, welche ſich unter Nerveneinfluß abſpielen, bei denen es aber weder zu ausgiebigeren Secretionen noch zu Muskelcontractionen u. dgl. m., ſondern lediglich zu Veränderungen des gewöhnlichen Ernährungszuſtandes kommt, giebt es im lebenden Organismus vorausſichtlich viele und die ſie auslöſenden Nervenfaſern werden zweifelsohne die Bezeichnung «trophiſche» verdienen. Ich werde mich darauf beſchränken, Ihnen zwei einſchlägige, aber wie ich glaube, eclatante Beiſpiele vorzuführen.

Bei meinen vergleichend phyſiologiſchen Unterſuchungen über den Stoffumſatz lenkten vor allen die nach dem Verſiegen der Lebensvorgänge erfolgende coloſſale Waſſerabgabe (wie z. B. bei den Meduſen) reſp. Waſſeraufnahme (ſo z. B. bei dem Froſcheileiter) der Gewebe und der unter Umſtänden ſehr rapide eintretende hyaline Zerfall der die Zellen conſtituirenden Eiweißſtoffe meine Aufmerkſamkeit auf ſich. Beide Erſcheinungsreihen lehren, daß die Stoffwechſelvorgänge in lebenden Organen oft weſentlich anders verlaufen als in abgeſtorbenen, daß in erſteren Reize, trophiſche Erregungen beſtehen, welche die chemiſchen Proceſſe in ganz beſtimmte Bahnen lenken, und daß beim Erlöſchen derſelben eine Lockerung des organiſchen Zellenverbandes reſultirt, welche mit dem Ablauf der Lebensvorgänge unvereinbar bleibt.

Die hyaline Metamorphoſe der Gewebe iſt als krankhaftes Phänomen beim Menſchen lange bekannt und wird, wie früher, unter der ſehr unzeitgemäßen Bezeichnung der «ſchleimigen reſp. colloiden Entartung» in der Pathologie fortgeführt. Ein vortheilhaftes Object, dieſe Vorgänge zu ſtudiren, machte erſt *Semper* ausfindig. Dieſer Forſcher wies darauf hin, daß ſich die Haut einiger Stichopusarten auf ſenſibele Reize in kurzer Zeit verflüſſigt, unter ungünſtigen Lebensbedingungen Stichopus naso ſich durch heftige Bewegungen ſogar ſelbſt aus ſeiner ausnehmend dicken Haut herausſchält, und daß von dem ausgeſchnittenen Hautſtücke eines Colochirus quadrangularis nach kurzer Zeit nichts als parallele Fibrillenzüge, die ganz unverſehrten Muskeln der Füßchen und ſehr ſchöne, zuſammenhängende Nervennetze übrig geblieben ſind. Es erinnern dieſe Erweichungen in hohem Grade an jene, bald in Vereiterung übergehende phlegmonöſe Entzündung, welche *R. Koppe* nach ſubcutaner Injection ſelbſt noch von 0.1 mgr. Digitoxin bei Hunden (von der Applicationsſtelle aus) regelmäßig eintreten ſah. Ich habe den Auflöſungsproceß an der Holothurienhaut zuerſt experimentell weiter verfolgt und die Ueberzeugung

gewonnen, daß derſelbe mit der tryptocollagenen Materie, welche ſich in der Haut der meiſten Holothurienformen vorfindet, nicht in Beziehung zu ſetzen iſt, ſondern vielmehr in einer Hyaliniſation eiweißartiger Subſtanzen begründet liegt, und daß dieſe abnorme Zerſetzungsweiſe in der nämlichen Art durch nervöſe Erregungen ausgelöſt wird als die Saccharificationsproceſſe nach Verletzung des Bodens des vierten Hirnventrikels beim Kaninchen.

Nicht nur experimentell laſſen ſich derartige ſog. ſchleimige Entartungen hervorrufen, nicht nur unter pathologiſchen Verhältniſſen treten dieſelben klarer in die Erſcheinung, ſondern bei den Reptilien kehren ſie ganz regelmäßig wieder. Sie kennen bereits (vgl. S. 216 ff. u. S. 258) die Gründe, welche es dieſen Thieren ermöglichen, ſich ihrer keratinöſen Hülle jährlich ein oder mehrere Male zu entledigen. Sie wiſſen, daß es ſich auch in dieſem Falle um Vorgänge handelt, welche in einem hyalinen Zerfalle eiweißartiger Hyalogene beſtehen, und Sie werden gewiß mit mir die Anſicht theilen, daß dieſelben ebenſo wie die intermittirenden Secretionen (z. B. der Milchdrüſen bei den Säugern, der Kropfdrüſen bei den Columbiden) und viele periodiſche, durch einen Ernährungswechſel und ein verändertes Wachsthum der Zellen bedingte locale Umgeſtaltungen des äußern Habitus (z. B. der Schuppenwarzen am Hochzeitskleide der Fiſche, der Rückenkämme und der Zehenfranzen der männlichen Tritonen zur Begattungszeit) auf nervöſem Wege zu Stande kommen. Ganz beſonders für die bilateral ſymmetriſchen Functionen[16]), als welche ſich die Umbildungen letzterer Art zu äußern pflegen, erheben die Unterſuchungen von *Burq*, *Charcot*, *Weſtphal* u. A. die Annahme einer Mitbetheiligung centrifugalleitender Nervenbahnen über jeden Zweifel und ſprechen ſo indirect nicht weniger ſchlagend gegen die von *Sigmund Mayer* weitläufig ausgeführte Anſchauung, dergemäß Centralapparat, peripherer Nerv und innervirtes Organ lediglich eine einzige Erregungseinheit bilden und in ihrem Ernährungszuſtande ſich ſchon

ohne Weiteres gegenſeitig beeinfluſſen ſollen [17]). *Mayer*'s Vorſtellung vermag weder den periodiſchen, gewöhnlich dem Geſetze der bilateral ſymmetriſchen Functionen unterworfenen Ernährungswechſel an den Epidermoidalgebilden vieler Vögel und Amphibien verſtändlich zu machen, noch uns irgendeinen plauſibeln Grund für den poſtmortalen Waſſerwechſel und den hyalinen Zerfall der Gewebe zu geben und ſtößt auch bei den pathologiſchen Veränderungen an den Muskeln (z. B. der Dyſtrophia muscularis), bei den durch pſychiſche Affecte plötzlich hervorgerufenen Ernährungsſtörungen anderer Gewebe (z. B. den Haaren) auf widerſprechende Erfahrungen. — Von hervorragender Bedeutung für das Verſtändniß des hyalinen Zerfalls der Eiweißſtoffe in der Reptilienhaut ſcheinen mir neuere Unterſuchungen von *Kühne* zu ſein, bei denen es gelang, das Keratinmolecül durch Abſpaltung eines, vielleicht der Chondroitſäure verwandten Hyalins ſoweit zu vereinfachen, daß dasſelbe weder die *Millon*'ſche Reaction noch beim Kochen mit verdünnter Schwefelſäure als Zerſetzungsproduct Tyroſin gab.

Functionseigenthümlichkeiten der Ganglien.

Obſchon einerſeits die Verſuche, beſtimmte Functionen der Ganglienzelle darzulegen, einer ſtrengen Kritik kaum Stand halten dürften und andrerſeits bei Wirbelthieren Ganglien exiſtiren, für welche (wie z. B. für das Gangl. mesentericum inferius und für die in der Nähe der Nieren gelegenen Ganglien, welche der Nervus splanchnicus durchſetzt) jede Prüfung auf etwaige Functionen fruchtlos blieb [18]), ſo erwächſt doch aus der vielſeitigen Erfahrung, daß in allen Nerventheilen —, an denen wir Wirkungen wahrnehmen, die wir nach den uns bekannten Eigenſchaften der Nervenröhren an ſich nicht zu verſtehen vermögen, — viele Ganglienzellen gefunden werden, eine gewiſſe Berechtigung zu dem Schluſſe, daß die verſchiedenartige Wirkungsweiſe ganglienhaltiger Nerventheile die Thätigkeit von Ganglienzellen darſtellt und die Lehre jener ſich mit der von den Ganglienzellen durchaus deckt. Die den Ganglienzellen zugetheilten Functionen haben ſomit noch nicht

allen Charakter des Hypothetiſchen verloren, und es wird nützlich ſein, ſich deſſen immer bewußt zu bleiben. Man würde ſich aber doch zu ſehr von der gegenwärtigen Zeitrichtung entfernen, wollte man die Ganglienzelle als nervöſes Centralorgan fallen und an ihre Stelle ein unbekanntes Etwas treten laſſen; aus dieſem Grunde ſehen wir denn ſelbſt die vorſichtigſten Forſcher trotz allem Skepticismus die über die Ganglien gang und gäbe gewordenen Anſchauungen in vollem Umfange acceptiren.

Wir deuteten bereits in der Einleitung zu dieſem Vortrage an, daß die von den Ganglien ausgehenden Impulſe dreifacher Art ſind, daß es ſich um reflectoriſche, um automatiſche, welche entweder continuirlich oder rhythmiſch verlaufen, und ſchließlich auch um Willensimpulſe (um ſpontane oder pſychiſche Erregungen) handeln kann. Die Willensimpulſe, die ſeeliſchen Thätigkeiten gehen bei den Wirbelthieren ausſchließlich von dem Gehirn aus, während bei dieſen die meiſten reflectoriſch und toniſch automatiſch wirkenden Centren im Rückenmark ihren Sitz haben. Automatiſch wie reflectoriſch thätige Ganglien ſind jedoch ſelbſt bei den höheren Thieren nicht auf das Cerebroſpinalſyſtem im Vorkommen beſchränkt, ſondern peripher gelegene Ganglienhaufen wirken in genau entſprechender Weiſe.

Sehen wir ab von den gewöhnlich ſehr unregelmäßigen (z. B. an Spinnenbeinen) oder nur kurz andauernden (z. B. am Eidechſenſchwanze) Zuckungen, welche von ihrem natürlichen Organverbande abgetrennte ganze Körperſtücke zeigen, ſo wüßte ich als ein ſchlagendes Beiſpiel für die rhythmiſche Automatie peripher gelegener Ganglien außer den, in dieſer Art innervirten Herzen der Wirbelthiere und Wirbelloſer allein noch den floſſenartig umgeſtalteten Theil des Fußes von Carinaria mediterranea[19]) namhaft zu machen. Ich habe nachgewieſen, daß dieſes Organ von dem, am Anfange der Floſſenbaſis gelegenen Ganglion pedale aus jene Impulſe empfängt, welche es in den Stand ſetzen, in einer Minute

30 — 36 Ruderbewegungen auszuführen, und daß dieſe Bewegungen von denen des Herzens ganz unabhängig ſind, obſchon ſie nach *Coſta*'s Angabe mit dieſen vollkommen iſochron verlaufen ſollen. Weit weniger geſichert ſcheint mir die von *Brown-Sécquard* und *Vulpian* mitgetheilte Beobachtung, daß das mit dem Hirnrückenmarke außer Verbindung geſetzte Zwerchfell eines Säugethieres fortfährt, rhythmiſche Contractionen auszuführen.

Auf Grund des *Brondgeeſt*'ſchen Verſuches (einſeitige Durchſchneidung des Plexus ischiadicus am decapitirten, aufgehängten Froſche) wird allgemein angenommen, daß der Tonus der Skeletmuskeln wie auch wohl der Tonus der Sphincteren durch äußere Reize vom Rückenmark aus unterhalten wird. Unſeren Erfahrungen über die durch den Oculomotorius dem Sphincter pupillae vermittelten toniſchen Erregungen genügt aber die Annahme eines centralen Tonus nicht, ſondern dieſelben verlangen außerdem die Anweſenheit eines peripher gelegenen, toniſch wirkenden Centrums (vgl. S. 367), und Vorrichtungen dieſer Art müſſen auch, wie uns die Erfolge einer combinirten Muscarin-, Atropin- und Phyſoſtigminvergiftung zu ſchließen erlauben, an der Darmmuskulatur wirkſam ſein. Es iſt nicht unſere Aufgabe, zu unterſuchen, ob die Beibehaltung automatiſcher Ganglien eine vollkommen berechtigte, ob die Auslöſung der Impulſe nicht vielmehr auch bei ihnen eine rein reflectoriſche iſt; nach dem *Brondgeeſt*'ſchen Verſuche, der für die Lehre vom Muskeltonus ſo entſcheidend war, iſt ſie es jedenfalls nicht und ebenſo wenig nach einem andern Verſuche, der in kaum geringerem Maße die Aufmerkſamkeit der Forſcher auf ſich zog. Ich meine den ſog. *Goltz*'ſchen Quakverſuch [20]).

Schon *Paton* beobachtete, daß Fröſche, denen die Großhirnhemiſphären genommen waren, quaken, wenn man ihre Rückenhaut in der Interſcapularregion berührt. *Goltz* machte dieſen Verſuch zum Gegenſtand eines beſondern Studiums und ſtellte feſt, daß für ſein Zuſtandekommen die Reizung der Rückenhaut zwiſchen

den Vorderfüßen das Weſentlichſte iſt; wird die Rückenhaut unter dieſer Stelle durchſchnitten, ſo gelingt das Experiment von tiefer gelegenen Regionen des Rückens aus nicht mehr, ebenſo wie es von den Extremitäten und von der Bauchſeite aus alsdann verſagt. Derartige reine Reflexcentren werden wir bei unſeren ſpäteren ſpecielleren Betrachtungen mehrfach extracerebroſpinal gelagert finden; es liegt deshalb kein Bedürfniß vor, Beiſpiele für deren Exiſtenz hier noch beſonders anzuführen.

Unter unſeren bejahrteren Zeitgenoſſen hat außer *Rudolf Virchow* kein einziger Biologe den unſchätzbaren Werth und die Bedeutung einer vergleichenden Phyſiologie ſo klar durchſchaut als *Claude Bernard*. Den Uneingeweihten wird es aber nicht wenig überraſchen, wenn er aus dem Munde desſelben Mannes, der in ſeiner hochbedeutſamen Schrift[21]), mit welcher er ſeine erfolgreiche Thätigkeit für immer abſchloß, den Ausſpruch that: «L'étude des êtres inférieurs est surtout utile à la physiologie générale, parceque chez eux la vie existe à l'état de nudité pour ainsi dire», wenige Jahre vorher[22]) die Worte vernimmt: «Dans l'étude, des diverses manifestations de la vie, nous commencerons par les phénomènes de mouvement et de sensibilité, en nous en adressant surtout aux organes des animaux élevés, qui présentent toutes les fonctions plus développées et mieux isolées». Ich ſage für den Uneingeweihten; denn wer *Cl. Bernard*'s unſterbliche Leçons gründlich kennt, wird nicht einen Augenblick darüber im Zweifel ſein, daß letzterer Satz nur auf die animalen Functionen Bezug hat, während das Citat aus den «Leçons sur les phénomènes de la vie» *Cl. Bernard*'s Anſicht über das Verhältniß der vergleichenden Phyſiologie zur ſpeciellen im Allgemeinen, alſo nach Ausſchluß der Nervenphyſiologie, zum Ausdruck bringt; hat ſich doch zu unſerer ganzen Genugthuung ſelbſt bei den contractilen Geweben der Schwerpunkt der Unterſuchungen ſo ſehr in's Bereich der Wirbel-

loſen verſchoben, daß, um einen Ausdruck von *Rollett* zu gebrauchen, der Fernerſtehende leicht zu der Meinung gelangen könnte, man habe ſich einer neuen Art von Scarabäencultus hingegeben. Um aber den excluſiven Stand der Nervenphyſiologie aufzudecken, dazu bedurfte es zu jener Zeit noch der Einſicht eines *Claude Bernard*!

Allgemeine Phyſiologie des Cerebro-ſpinal-ſyſtems der Wirbelthiere.

Nehmen wir mit *Cl. Bernard* die Einrichtungen der höchſtorganiſirten Thiere zum Ausgangspunkte unſerer vergleichenden Betrachtungen, ſo ſtellen ſich uns keine geringen Schwierigkeiten in den Weg. Vor allem was die Phyſiologie des Gehirns anbelangt, iſt die Maſſe der Autoren gewaltig und die Zahl der Hypotheſen eine unerſchöpfliche zu nennen. Die kritiſche Sichtung der Beobachtungen iſt ſomit ein ebenſo unumgängliches Erforderniß als die Wahrung eines beſtimmten Standpunktes bei Deutung der experimentell gefundenen Thatſachen. Ich glaube dieſen Forderungen meinerſeits nicht beſſer gerecht werden zu können, als wenn ich mich in den Cardinalfragen den Auseinanderſetzungen von *Goltz*[23]) unbedingt anſchließe, und es ſoll nun verſucht werden, ob ſich in dieſem Sinne durch die bei den Wirbelthieren aufgedeckten Verhältniſſe die gewünſchte Grundlage für eine vergleichende Phyſiologie der nervöſen Apparate thatſächlich gewinnen läßt. Beginnen wir mit dem Centralnervenſyſtem und zwar mit dem Gehirn!

Der vordere Abſchnitt der centralen Axe des Nervenſyſtems legt ſich bei den Cranioten entwicklungsgeſchichtlich in Geſtalt von fünf, morphologiſch aber nicht ganz gleichwerthigen Hirnblaſen an, welchen entſprechend auch an dem ausgebildeten Gehirne fünf Abſchnitte zu unterſcheiden ſind: 1. das Vorderhirn, 2. das Zwiſchenhirn, 3. das Mittelhirn, 4. das Hinterhirn und 5. das Nachhirn. Von dieſen theilt das Hinterhirn keineswegs die Selbſtändigkeit der übrigen Hirnblaſen, ſondern ſtellt nur den vorderſten Theil des Daches vom Nachhirne dar. Bei den auf niedrigſter Entwicklungsſtufe dauernd verweilenden Cranioten, den Myxinoiden,

erſcheinen die einzelnen Gehirnabtheilungen hinter einander gelagert, gleichſam wie Perlen an einer Schnur, während bei den übrigen Claſſen gewiſſe Hirnabſchnitte präponderiren und andere vollkommen überdecken. So verdeckt bei manchen Teleoſtiern das mit dem Zwiſchenhirn eng verbundene Mittelhirn die Medulla oblongata, bei den Vögeln überwölbt nicht nur das Vorderhirn das bei Batrachiern und Reptilien noch frei liegende Mittelhirn, ſondern das Hinterhirn überdeckt auch das Nachhirn, und bei den Primaten überlagert das Vorderhirn ſowohl das Zwiſchen- und Mittelhirn als auch das Hinterhirn.

Schon aus dieſen knappen Bemerkungen[24]) wird erſichtlich ſein, daß der relative Umfang und ſomit auch das relative Gewicht der einzelnen Hirntheile in der Thierreihe großen Schwankungen unterliegt, welchen ſich beim Menſchen noch individuelle hinzugeſellen. Iſt es erlaubt, aus den anatomiſchen Befunden Schlüſſe auf die Leiſtungsfähigkeit der einzelnen Organtheile zu ziehen, ſo giebt die in der Säugethierreihe mit der Steigerung der Intelligenz einhergehende Volumszunahme der als große Hemiſphären bezeichneten Theile des Vorderhirns gewiß kein unweſentliches Argument für die Auffaſſung ab, daß die Großhirnrinde das Organ der höheren geiſtigen Verrichtungen iſt. Inwiefern ſich dieſer Schluß beim Experimente bewahrheitete, welche Functionen in ihrem Zuſtandekommen an das Großhirn und welche an andere Hirntheile gebunden ſind, ſoll nun das Folgende lehren.

Flourens glaubte auf Grund ſeiner Verſuche die Behauptung aufſtellen zu dürfen, daß das Großhirn in allen ſeinen Abſchnitten eine gleiche Bedeutung habe und ebenſowenig in Organe geſonderter Verrichtungen zu zerlegen ſei als etwa die Lunge. *Flourens* dachte nicht daran, die Centren für einzelne Functionen in beſtimmte Theile der Hirnrinde zu verlegen, wie vordem *Gall* gethan hatte und wie es noch heute, zwar in einem ganz andern Sinne,

als es den *Gall*'ſchen Lehren entſpricht, mehrfach geſchieht. Die Verſuche, welche *Goltz* an Hunden ausgeführt hat, ſprechen aber nicht wenig für die *Flourens*'ſche Anſicht; es führten dieſelben zu folgenden Ergebniſſen:

Die verhältnißmäßig ſo geringen Störungen nach ausgedehnter und tiefer Vernichtung Einer Gehirnhälfte laſſen ſich nur ſo erklären, daß wirklich eine Hälfte des Gehirns die ſymmetriſche andere Hälfte bis zu einem gewiſſen Grade vertreten kann. Derartige einſeitige Verſtümmelungen des Gehirns haben keine ausſchließlichen Störungen an der gekreuzten Körperhälfte zur Folge, ſondern machen es unzweifelhaft, daß jede Hälfte des Großhirns durch ſelbſtändige Bahnen mit allen Muskeln und allen empfindlichen Theilen des ganzen Körpers zuſammenhängt; zuzugeben iſt nur, daß die Verbindung zwiſchen jeder Halbkugel des Gehirns und der gekreuzten Körperhälfte inniger iſt als die der gleichſinnigen Körperhälfte. Die Verſtümmelung beider Hälften des Großhirns iſt ſchon ein viel ſchwererer Eingriff als eine gleich große Verletzung, die ſich nur auf eine Hälfte beſchränkt, und die Gegenüberſtellung der Erſcheinungen, welche vorn reſp. hinten an beiden Hemiſphären verletzte Thiere darbieten, deutet an, daß die Maſſe des Großhirns in allen ihren Abſchnitten nicht gleichwerthig iſt. So iſt bei den Hunden mit ausgedehnter Verſtümmelung des Hinterlappens die Intelligenz außerordentlich geſchwächt, faſt erloſchen, und es ſtehen in dieſer Beziehung ſolche Thiere tief unter den am Vorderlappen Operirten. Ebenſo bildet die Veränderung der Gemüthsart nach ausgedehnter Verſtümmelung der hintern Hirnhälfte den vollſtändigen Gegenſatz zu der Aenderung des Charakters, welchen die vorn operirten Thiere erfahren; erſtere ſind zutraulich und harmlos, gehen langſam, ruhig und bedächtig umher und ſind kaum dazu zu bringen, eine ſchnellere Gangart einzuſchlagen, letztere ſind leicht in Zorn zu verſetzen, von einer wunderbaren Aufgeregtheit und Lebhaftigkeit und zeigen die Nei-

gung ſtets umherzulaufen. Dieſe, die vorn Operirten, neigen zur Raufluſt, jene erdulden Gewaltthätigkeiten, ohne Rache zu nehmen. Manche dieſer Abweichungen (z. B. die beſonders deutlich hervortretenden Störungen der Bewegung und Empfindung nach Verſtümmelung der Scheitellappen, die ſchweren Sehſtörungen und der höhere Grad von Blödſinnigkeit nach Verletzung der Hinterſtatt der Vorderlappen) werden zweifellos auf eine Mitverletzung der im Hirnſtamme mitverlaufenden Nervenbahnen bezogen werden müſſen, wie jedoch die Veränderungen des Charakters nach Wegnahme gewiſſer Hirnlappen zu erklären ſind, wagt *Goltz* nicht zu entſcheiden, und gerade dieſe Erſcheinungen dürften am meiſten verlocken, die Centren für einzelne Fähigkeiten in der Hirnrinde als mehr oder weniger localiſirt zu betrachten. Die allerdings nicht für alle Fälle als zutreffend erwieſenen Angaben von *Bouillaud* und *Broca*, denen gemäß als das eigentliche Rindenfeld der Sprache der hintere Theil des Gyrus frontalis inferior sinister und die *Reil*'ſche Inſel der linken Seite anzuſehen ſind und ausgiebigere Verletzungen dieſer Hirnpartieen zur Aphaſie führen, die Erfahrungen von *Jackſon*, welcher fand, daß gewiſſe Formen von Lähmungen und Krämpfen, namentlich der Gliedmaßen, beſonders häufig nach Verletzungen des Scheitellappens in der Nähe der *Rolando*'ſchen Furche vorkommen, ſcheinen, wie ähnliche kliniſche Befunde mehr, der *Flourens*'ſchen Anſicht von der Gleichwerthigkeit der Großhirnmaſſe ebenfalls entgegen zu ſtehen und werden der Lehre von der Localiſation gewiſſer Centren in der Großhirnrinde gewiß noch viele Anhänger zu erhalten wiſſen[25]).

Vertreter nahe verwandter Thierklaſſen zeichnen ſich bisweilen nicht nur durch eine ſehr ungleiche Reſiſtenz gegen Gifte[26]) aus, ſondern derartigen Unterſchieden begegnete man auch vielfach bei den Bluttransfuſionen (vgl. S. 47), bei den Stoffwechſelverſuchen[27]) und lernte auch bei dieſen den Verhältniſſen gebührende Rechnung tragen, welche rein durch die Individualität bedingt ſind.

Specifiſche und individuelle Eigenthümlichkeiten treten aber bei den Verrichtungen der Centralorgane ſicherlich noch weit mehr in die Erſcheinung als bei den Veränderungen, welche chemiſch reine Subſtanzen bei ihrem Durchtritt durch den Organismus durchzumachen haben. So äußern z. B. lang andauernde pſychiſche Erregungen auf verſchiedene Menſchen oft eine ganz verſchiedenartige Wirkung. «Wir ſehen», bemerkt *L. Landois*[28]), «daß Nerveneinflüſſe, welche längere Zeit deprimirend auf den Organismus einwirken, bei dem einen eine acute oder chroniſche Krankheit, bei dem anderen vielleicht Alteration eines einzelnen Organs, beim dritten Ergrauen der Haare oder andere Zufälle erzeugen. Dasſelbe gilt von denjenigen abnormen Nerveneinflüſſen, von denen der Körper unvorbereitet, plötzlich betroffen wird. Der eine kommt mit dem bloßen Schreck davon, während der andere von der Katalepſie, von Krämpfen aller Art befallen wird und der dritte wieder plötzlich ergraut.» Vorzugsweiſe bei den Sprachſtörungen iſt den individuellen Dispoſitionen eine größere Bedeutung zuerkannt[29]), und ſpecifiſche Unterſchiede ſcheinen ſich ſelbſt noch nach Exſtirpation des ganzen Großhirns bei einander ſo naheſtehenden Formen wie Taube und Huhn in der Ausführung der Bewegungen zu documentiren[30]). Trotz alledem geſtaltet ſich der Symptomencomplex nach Abtragung des geſammten Großhirns bei ſämmtlichen Wirbelthieren im Weſentlichen ziemlich gleichförmig, und die Schilderung, welche *Goltz* von dem Benehmen des Großhirns beraubter Tauben giebt, kann geradezu als Paradigma für alle Wirbelthiere dienen. «Die in dieſer Weiſe operirten Thiere», ſagt *Goltz*, «beſitzen noch Sinnesempfindungen, wiſſen dieſe aber nicht mehr zu ihrem Nutzen zu verwerthen; ſie ſind unfähig, durch Erfahrungen etwas zu lernen, haben kein Gedächtniß, und ebenſo vermiſſen wir bei ihnen alle Aeußerungen, aus welchen wir auf Gemüthsbewegungen und Leidenſchaften ſchließen könnten. Ferner beweiſt uns keine ihrer Bewegungen, daß ſie noch das beſitzen,

was wir bewußte Ueberlegung nennen; ſie bewegen ſich noch, aber ſie handeln nicht und ſcheinen nur noch lebendige Maſchinen ohne alle höheren Bewußtſeinsvorgänge zu ſein.»

Mit dem Ausfalle der Spontaneität ſehen wir bei Ausſchaltung des geſammten Großhirns weder die vegetativen Functionen geſchädigt, noch regelmäßige und coordinirte Bewegungen unmöglich werden. Letztere kommen erſt dann zum Ausfall, wenn beim Froſche die Lobi optici oder bei den höheren Wirbelthieren die Pons und das Kleinhirn, welche wir als das Centrum für die zuſammenhängenden Ortsbewegungen anzuſehen haben, entfernt ſind. Erheblichere Bewegungsſtörungen ſtellen ſich auch nach Verletzung der Corpora striata ein; dieſe Theile dienen ebenfalls der Bewegung, doch brauchen nicht nothwendig alle Bewegungsreize, die vom Großhirn ausgehen, die Corpora striata zu paſſiren. Ein Durchkreuzungspunkt ſämmtlicher motoriſchen Nervenbahnen liegt dagegen in den Linſenkernen, und was ſchließlich noch die Fähigkeit des Sehens anbelangt, ſo erliſcht dieſelbe bei Fortnahme der Corpora quadrigemina reſp. der C. bigemina vollſtändig, und wir ſchließen daraus, daß dieſe Theile jedenfalls Durchgangspunkte für das Sehen ſind, wennſchon das Centrum für dasſelbe an einem andern Orte, wahrſcheinlich in der Medulla *[Lussana]* zu ſuchen iſt.

Wir können uns nicht verhehlen, daß bezüglich des Mittel- und Hinterhirnes noch viele Punkte fraglich ſind, und ein tieferes Eingehen auf dieſelben würde ſchon deshalb hier wenig erſprießlich ſein. Neueren Unterſuchungen von *Steiner*[31]) zufolge verſchwinden ſelbſt die durch tiefere Verletzung des Kleinhirns verurſachten Unregelmäßigkeiten der Bewegung nach einiger Zeit wieder vollſtändig, und dieſer Forſcher ſieht deshalb auch nicht das Kleinhirn, ſondern das Mittelhirn als das Centrum für die coordinirten Bewegungen an.

Nach Verletzungen des Kleinhirns, gewiſſer Abſchnitte des Mittelhirns, der Medulla oblongata, kurz nach Verletzungen aller

Hirntheile, vorausgeſetzt, daß dieſelben einſeitig erfolgten, kommt es zu Zwangsbewegungen, welche als Reitbahn- (Manège-) und als Rollbewegungen unterſchieden ſind. Erſtere kommen beim Menſchen nur andeutungsweiſe vor, bei Thieren treten ſie beſonders nach Verletzungen des Großhirns und der Pedunculi cerebri auf. Die Rollbewegungen beſtehen darin, daß das Thier auf die rechte Seite fällt und ſich dann um ſeine Längsaxe rotirend bewegt. Die Drehungen werden nach einiger Zeit gewöhnlich linksſeitig, ſtellen ſich hauptſächlich nach Verletzung des Kleinhirns, aber auch nach Schädigung der Pons wie der Medulla oblongata ein und kommen ebenfalls beim Menſchen vor. Ueber das Zuſtandekommen dieſer Zwangsbewegungen iſt viel geſtritten, und die Beobachtung ähnlicher Störungen nach beiderſeitiger Entfernung der horizontalen Bogengänge hat ihr Verſtändniß weſentlich erſchwert. Letztere Erſcheinungen haben nun aber mit dem Hören an ſich nichts zu thun[32]), ſondern beruhen darauf, daß wir in den Bogengängen ein Organ beſitzen, welches uns von der Haltung unſeres Kopfes Kunde verſchafft und nach deſſen Verletzung uns das Gleichgewicht geſtört erſcheint. Die nicht abſichtlich, ſondern wie aus *Schiff*'s Verſuchen hervorgeht, nur mit Widerſtreben von den Thieren ausgeführten Drehbewegungen, welche ſich nach einſeitiger Hirnverletzung einſtellen, haben vielleicht zum Theil (z. B. bei Verletzung des Thalamus opticus) ihren Grund in einſeitigen motoriſchen Lähmungen *(Schiff)*.

Die Medulla oblongata reicht von der Decussatio pyramidum bis zur Pons und begreift beim Froſche noch letztere in ſich. Sie ſpielt ſowohl als Leitungs- wie als Centralorgan eine hervorragende Rolle. Die vorderen Stränge der Medulla dienen der Motalität, während die Durchſchneidung eines Seitenſtranges eine Ueberempfindlichkeit und eine Beeinträchtigung der Athmung an der entſprechenden Seite nach ſich zieht. Aus dieſen Verſuchen ſchloß ſchon *Bell*, daß die Seitenſtränge hauptſächlich der Athmung vor-

ſtehen, daß die rechts verlaufenden Faſern für die rechte Seite der Athmung beſtimmt ſeien, die links verlaufenden dagegen die Athmung an der linken Körperſeite vermittelten. Doch ſo einfach, wie *Bell* glaubte, liegen die Dinge hier nicht; denn gerathen die Thiere wirklich in Lebensgefahr, ſo athmen ſie noch bei ſeitwärts eingeſchnittener Medulla mit beiden Seiten, und vollſtändig abgeſchnitten können ſomit die beiderſeitigen Bahnen in der Medulla nicht ſein, ſondern an der durchſchnittenen Hälfte ſind nur gewiſſe Hinderniſſe zu überwinden. Die vielfachen queren Commiſſuren in der Medulla bedingen wahrſcheinlich ein ſymmetriſches Zuſammenwirken der Organe, welches bei einigen Muskeln (z. B. den Orbiculares palpebrarum) ſehr augenfällig und, wie wir ſahen, auch nach einſeitiger Verletzung irgend eines vorderen Hirnabſchnittes nur graduell herabgeſetzt iſt.

Die Medulla oblongata enthält die Reflexcentren für den Schluck- und Brechact, für das Schreien und Saugen, für die Kaubewegungen, für den Schluß der Augenlider, für das Huſten und Nieſen etc.; daneben finden ſich ein rhythmiſch automatiſches (Athmungscentrum) und zwei continuirlich rhythmiſche Centren, das eine für die Gefäße, das andere für das Herz. Alle dieſe Centren können aber zugleich reflectoriſch in Thätigkeit verſetzt werden und die Athembewegungen, wie bekannt, auch willkürlich beſchleunigt und verlangſamt werden. Als der Sitz des Gefäßcentrums wird gewöhnlich eine umſchriebene, nicht näher angegebene Stelle am Boden der Rautengrube bezeichnet; daß indeß die Functionen nicht ſo ſchematiſch in den Centralorganen einzuſchränken ſind, lehren ſchon die Erfahrungen über das Athmungscentrum. Als ſolches betrachtete *Flourens* eine punktförmige Stelle (nœud vital) in der Spitze des Calamus scriptorius; bei *Flourens'* Verſuchen erſtickten die Thiere jedoch nur deshalb, weil durch den Stich die geſammte Umgebung miterſchüttert wurde. Leitete man nach der Operation künſtliche Reſpiration ein, ſo begann das

Thier nach einiger Zeit wieder zu athmen *(Schiff, Brown-Séquard)*, und Verſuche dieſer Art haben weiterhin gelehrt, daß das Athmungscentrum weit in die Medulla hinab, bis in das Rückenmark hineinreicht *(Rokitansky)*.

Sämmtliche über die Verrichtungen der Medulla oblongata von uns mitgetheilten experimentellen Ergebniſſe fanden in Beobachtungen an verſtümmelten Neugeborenen ihre Beſtätigung, während Erfahrungen an Mißbildungen mit rudimentärem Kleinhirn allerdings am beſten mit den *Steiner*'ſchen Anſichten vereinbar ſind. Es liegt uns jetzt allein noch ob, einiger entwicklungsgeſchichtlichen Zuſtände zu gedenken, welche für eine richtige Deutung der Ausſchaltungs- und Durchſchneidungsverſuche am Gehirn ebenfalls mit Vortheil zu verwenden ſind.

«Während die Hühner- und Laufvögel, ferner die meiſten Wad- und Schwimmvögel bereits bei ihrem Ausſchlüpfen ein vollſtändiges Flaum- und Dunenkleid tragen und in der körperlichen Ausbildung ſo weit vorgeſchritten ſind, daß ſie als Neſtflüchter alsbald der Mutter auf das Land oder in das Waſſer folgen und hier unter geſchickter Bewegung ſelbſtändig Nahrung aufnehmen, verlaſſen die guten Flieger und überhaupt diejenigen Vögel, welche vorzugsweiſe auf Bewegung und Aufenthalt in der Luft angewieſen ſind, wie die Gang- und Klettervögel, Tauben und Raubvögel, ſehr frühzeitig ihre Eihüllen; nackt oder nur ſtellenweiſe mit Flaum bedeckt, unfähig ſich frei zu bewegen und zu ernähren, bleiben ſie als Neſthocker, gefüttert und gepflegt von den elterlichen Thieren, noch geraume Zeit im Neſt, bis ſie faſt ausgewachſen durch die Entwicklung der Schwingen zur Flugbewegung befähigt erſcheinen [33]).» Dieſe auffallenden Unterſchiede beruhen nun vorzugsweiſe darauf, daß bei den Neſthockern der Entwicklungszuſtand der Coordinationscentren weit hinter dem der Neſtflüchter zurückgeblieben iſt, daß beſonders das Mittel- und Hinterhirn bei jenen noch wenig ausgebildet ſind. Bei den neugeborenen Säugethieren

ſtehen die Hirntheile auf einer noch primitiveren Stufe. Für dieſe iſt durch den experimentellen Nachweis der Abweſenheit ſämmtlicher pſychomotoriſchen Rindencentren ſowie durch Abtragung der Großhirnhemiſphären, wonach an den Bewegungsäußerungen keinerlei Aenderung zu beobachten war, von *Soltmann*[34]), wie ich glaube, dargethan, daß ſämmtliche Actionen als unwillkürliche (reflectoriſche, automatiſche, inſtinctive) aufgefaßt werden müſſen und ſomit im Mangel des Willens, als des mächtigſten reflexhemmenden Momentes, auch die erſte Urſache für die «erhöhte Reflexdispoſition» der Neugeborenen anzunehmen iſt.

Das Rückenmark, von den Alten als «crassissimus nervorum» betrachtet, verknüpft wie das Gehirn centripetal- mit centrifugalleitenden Nervenbahnen und ſtellt ſomit ein ſelbſtändiges Centralorgan wie dieſes dar. Gleich dem Gehirn ſetzt es ſich aus markhaltigen Nervenfaſerſträngen (weiße Subſtanz) und zellenreicheren Theilen (graue Subſtanz) zuſammen und trägt in ſeiner hiſtiologiſchen Gliederung in ausgeſprochenem Grade die beiden Kategorieen ſeiner Verrichtungen zur Schau: das Vermögen, nervöſe Erregungen zu leiten, und die Eigenſchaft, als automatiſches und reflectoriſches Centralorgan zu wirken. Die bei künſtlichen Reizungen centralnervöſer Abſchnitte allein zuläſſigen mechaniſchen Reize haben bezüglich der directen Erregbarkeit der einzelnen Rückenmarkstheile das nämliche Ergebniß zur Folge gehabt als beim Großhirn: die graue Subſtanz iſt unerregbar, die weiße hingegen erregbar, wenn auch weniger ſtark als die Nervenfaſern.

Was Verlauf und Sonderung der motoriſchen und ſenſibelen Leitungsbahnen im Rückenmarke betrifft, ſo curſiren darüber die widerſprechendſten Angaben; berückſichtigen wir die beweiskräftigen Verſuchsreſultate, ſo ergiebt ſich etwa Folgendes: Zwei, in verſchiedener Höhe des Rückenmarks ausgeführte contralaterale Durchſchneidungen, bei welchen der Querſchnitt beiderſeits ein wenig über die Sagittalebene hinausgeführt wurde, heben Em-

pfindung wie Bewegung an keiner der beiden Körperſeiten vollkommen auf. Wir ſchließen hieraus, daß die ſenſibele wie die motoriſche Leitung in der ganzen Quere des Rückenmarkes ſtatt hat, daß ſich einzelne Leitungsbahnen von rechts nach links und von links nach rechts hinüberziehen. Für die Leitungsfähigkeit der centralen Zone des Rückenmarkes iſt dieſer Verſuch jedenfalls viel beweiskräftiger als die Fortnahme der Seitenſtränge (*Ludwig*'s Verſuch), nach welcher (wegen der zahlreichen Nebenumſtände) eine völlige Lähmung und Empfindungsloſigkeit eintritt, und welche alſo genau das entgegengeſetzte Reſultat als der erſtere Verſuch zur Folge hat. Bei gleichzeitiger Ausrottung der grauen Subſtanz, der Vorder- und der Hinterſtränge bleibt Empfindung wie Bewegung erhalten und daraus folgt, daß die weißen Seitenſtränge motoriſch wie ſenſibel ſind. Bei ausſchließlicher Erhaltung der Vorderſtränge zeigen ſich die Bewegungen ſehr beeinträchtigt, das Empfindungsvermögen aber unverſehrt, während wenn die Hinterſtränge allein erhalten geblieben ſind, Bewegung wie Empfindung vernichtet iſt. Dieſe Befunde berechtigen zu der Annahme, daß in den vorderen weißen Strängen motoriſche wie ſenſibele Bahnen verlaufen. In den Hinterſträngen ſcheinen dagegen längere Leitungswege zu fehlen, und die heutige Anſicht geht dahin, daß hier die Faſern zwei Punkte der grauen Subſtanz in geringer Höhe mit einander verknüpfen; vielleicht haben ſich aber einige längere ſenſibele Bahnen doch noch in den Hinterſträngen erhalten *(Schiff)*.

Von den beiden Arten der automatiſchen Centren ſind im Rückenmarke der Säugethiere nur die continuirlich wirkenden nachgewieſen; als ſolche werden die Centren für den Tonus der Gefäße und für den Tonus der glatten wie quergeſtreiften Muskeln angeſehen[35]). Für die Lymphherzen der Amphibien und Reptilien, für das Caudalherz des Aales giebt es im Rückenmarke auch rhythmiſch automatiſche Centren, von denen ſich das für die vorderen Lymphherzen beſtimmte beim Froſche in der Höhe des

zweiten Bruſtwirbels, das für die hinteren in der Höhe des neunten Bruſtwirbels befindet. Größer iſt die Zahl der in's Rückenmark verlegten Reflexcentren, von welchen wir nur die Centren für die Harn- und Geſchlechtswerkzeuge, für den hintern Abſchnitt des Darmtractus namhaft gemacht haben möchten. Die von dieſen Organen ausgeübten Functionen verlaufen ebenſo wie der Geburtsact unabhängig von dem Gehirn und der Medulla oblongata, und vielleicht werden auch die meiſten Drüſen (Nieren, Pankreas, Schweißdrüſen etc.) nur vom Rückenmarke aus innervirt.

Der Ausbreitung der Reflexe im Rückenmark erwachſen aus dem ausgedehnten Zellenverbande, in welchen die Reflexcentren hineingezogen ſind, gewöhnlich nicht unerhebliche Widerſtände, welche nicht nur durch die den Reflexcentren vom Gehirne aus zugehenden willkürlichen Erregungen, ſondern auch durch ſenſibele periphere Einflüſſe herabgeſetzt oder gehemmt werden können. Sowohl durch beſtimmte Gifte (Strychnin, Coffein) wie auch durch Erregungen, welche von ſog. dynamogenen Elementen des Cerebroſpinalſyſtems den Reflexcentren zufließen, werden dieſe Hinderniſſe anderſeits aber wieder ſehr beeinträchtigt, die Reflexenergie dadurch vielleicht ſogar direct geſteigert; nach einem ſinnreichen Vergleiche von *Cl. Bernard* unterliegt durch das Zuſammenwirken dieſer ſo ganz entgegengeſetzt wirkenden Factoren der Erregungszuſtand eines jeden Reflexcentrums im Rückenmarke den gleichen weiten Intenſitätsſchwankungen als ein Lichteffect, welcher ſich aus Lichtſtrahlen verſchiedener Schwingungsphaſen zuſammenſetzt. Unter den Säugethieren iſt die Reflexthätigkeit bei Jungen in der Regel größer als bei Erwachſenen; bei Vögeln iſt aber gewöhnlich das Umgekehrte der Fall und beim Meerſchweinchen läßt ſich eine Differenz in dieſem Sinne kaum noch conſtatiren. Nach *Brown-Séquard* gruppiren ſich die einzelnen Wirbelthierklaſſen hinſichtlich ihrer Reflexenergie folgendermaßen: 1. Vögel, 2. Amphibien und Reptilien, 3. Säuger und 4. Fiſche, von welchen aber mehrere Species (z. B.

Aal, Schleihe, Karpfen) auszunehmen ſind, da dieſe ein geringeres Reflexvermögen als die Säuger beſitzen *(Richet)*.

Für die Beziehungen der Rückenmarksreflexe zwiſchen Reizung und darauf folgender Bewegung gelten im Allgemeinen die von *Pflüger* aufgeſtellten Regeln, denen gemäß ein ſenſibeler Reiz je nach ſeiner Stärke nur eine Bewegung durch den zugehörigen motoriſchen Nerven derſelben Seite auslöſt (einſeitiger Reflex) oder gleichzeitig auch den motoriſchen Nerven der andern Seite in Mitleidenſchaft verſetzt (doppelſeitiger Reflex). Werden die angewandten Reize noch mehr verſtärkt, ſo bleibt es nicht bei einer transverſalen Irradiation, ſondern die ſenſibelen Reize pflanzen ſich alsdann auch nach oben wie nach unten hin fort (longitudinale Irradiation) und wirken alsdann auf die motoriſchen Nerven nach beiden Richtungen hin gleich gut ein *(Cayrade)*. Dieſe Geſetzmäßigkeit erſcheint nur in ſolchen Fällen geſtört, wo durch oft geübten Willenseinfluß die normalen Widerſtände in gewiſſen Richtungen abgeſchwächt und ſo zu entfernteren Bezirken des Rückenmarkes gleichſam gangbarere Wege eröffnet ſind. Zu dieſen Ausnahmefällen zählen z. B. die von *Luchſinger* an Tritonen, Eidechſen, Schildkröten etc. beobachteten ſog. gekreuzten Reflexe, welche ſich unter anderen darin offenbaren, daß auf Reizung eines Vorderbeines Bewegungen des diagonalen Hinterbeines erfolgen.

Ein von *Magendie* entdecktes und nur mit großem Unrechte[36]) nach *Bell* benanntes Geſetz beſagt, daß die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven motoriſch und die hinteren ſenſitiv ſind. Die Richtigkeit dieſes Lehrſatzes tritt bei Fiſchen, Batrachiern und Vögeln rein hervor, wird bei den Säugethieren indeß durch die Sensibilité récurrente maskirt, welche darin ihre Erklärung findet, daß an der Vereinigungsſtelle der hinteren und vorderen Rückenmarksnerven Faſern, welche erſteren entſtammen, umbiegen und in der motoriſchen Wurzel wieder rückwärts laufen *(Cl. Bernard)*. Beide Wurzeln, mit denen alle Rückenmarksnerven entſpringen,

vereinigen ſich, nachdem die hintere Wurzel zu dem Ganglion intervertebrale angeſchwollen, alsbald zu einem gemeinſchaftlichen Nervenſtamme, in welchem motoriſche, ſenſibele und auch wohl hemmende trophiſche und ſecretoriſche Nervenfaſern innig gemiſcht vorhanden ſind. So iſt es wenigſtens bei den Säugethieren, den Vögeln, den Reptilien und Amphibien; bei Selachiern (Squalus, Torpedo, Raja) findet dagegen nach *Armand Moreau*[37]) eine innige Vermiſchung ſenſibeler und motoriſcher Fäden jenſeits des Spinalganglions nicht ſtatt, ſondern die beiden Nervengattungen ſind im Stamme nur an einander gelagert und laſſen ſich noch bis zu ihren Endigungen getrennt verfolgen.

Iſt es mir gelungen, aus dem reichen Beobachtungsmateriale, welches über die cerebroſpinalen Functionen der Wirbelthiere angehäuft wurde, das für uns Weſentliche auszuwählen und kritiſch zu ſichten, dann wird es keine größere Schwierigkeiten mehr haben, die Verſuchsergebniſſe an Wirbelloſen mit jenen zu vergleichen und die Differenzpuncte, welche zwiſchen beiden beſtehen, ſcharf hervortreten zu laſſen. Daß ſich in der Reihe der Wirbelloſen das Bild weit bunter geſtaltet als bei den Wirbelthieren, zeigt ſchon ein flüchtiger Blick auf die ſo ungleichen Beziehungen, welche Vertreter verſchiedener Thierklaſſen zwiſchen den lebenswichtigſten Organen und dem Centralnervenſyſteme (als Ganzem oder ſeinen Theilen) uns darbieten.

Transplantation und Regeneration.

Aus den oben erörterten Verhältniſſen bei den Wirbelthieren ergiebt ſich für dieſe ohne Weiteres eine große Abhängigkeit der vitalen Vorgänge von den Nervencentren, eine Abhängigkeit, die zwar vielfach von dem höchſt complicirten Baue der athmenden Apparate bedingt iſt, aber in der ganzen Einrichtung des Organismus doch ſo tief Wurzel gefaßt hat, daß auch die Integrität der kleinſten und ſehr unbedeutend erſcheinenden Körpertheile an einen Zuſammenhang mit functionell wie morphologiſch inadäquaten Gebilden unbedingt gebunden iſt. Hierzu kommt noch, daß bei den

höher organiſirten Formen die Bildungsfähigkeit der Organe bald erliſcht, und daß nach eingetretenem Organverluſt ſomit an eine Neugeſtaltung nicht zu denken iſt. Ausgenommen die Ganglien und Sinneszellen wohnt indeß den Geweben auch bei den Säugethieren noch ein ausgiebiges Regenerationsvermögen inne, welches dem der Wirbelloſen in kaum einer Richtung nachſteht, da dasſelbe auch bei dieſen von dem Geſetze der Conſtanz und Unveränderlichkeit der einmal differenzirten Gewebe regiert wird. — Betrachten wir nun, welche Verſchiedenheiten ſich in den beiden angegebenen Punkten: 1. in der Abhängigkeit der lebenswichtigen Functionen von den Centralorganen des Nervenſyſtems und 2. in einer bleibenden Regenerationsfähigkeit der Organe zwiſchen Vertretern der einzelnen Thierklaſſen ergeben haben.

Enge Wechſelbeziehungen zwiſchen den aſſimilirenden Organen und den ernährenden Säften beeinfluſſen die Ernährungs- und Wachsthumsvorgänge ſelbſt im Pflanzenreiche derart, daß eine gelungene Copulation oder ein erfolgreiches Pfropfen und Oculiren[38]) nur dann zu Stande kommt, wenn Wildling und Knoſpe von Pflanzen verwandter Arten ſtammen. Es ſind immerhin ſchon Seltenheiten, wenn es gelingt, einen Apfelſproß mit einem Birnenreis zur organiſchen Verſchmelzung oder Himbeeren auf wilden Roſen zur Reife zu bringen. Gewiß mit Recht halten ſich die Botaniker auf Grund vielfältiger Erfahrungen für berechtigt, die Verwandtſchaft der den Oleaceen zugetheilten Species, trotz ihrer mannigfachen habituellen Unterſchiede, dadurch als bewieſen zu erachten, daß alle Arten dieſer Familie auf einander zu pfropfen ſind. Pfropfverſuche, ausgeführt an verwandten Arten oder Varietäten mit verſchieden gefärbten Blüthen oder Blättern (z. B. von Cytisus purpureus mit C. Laburnum, von weißen Moosroſen mit rothen Centifolien, von Abutilon Thomsoni mit ſeiner buntblättrigen Varietät, von verſchiedenen Kartoffelſorten) haben dann weiterhin ſowohl den Einfluß des Pfropfreiſes auf die Unterlage

als auch die Beeinfluſſung des Edelreiſes durch die ernährenden Säfte des Wildlings dargethan.

Ganz ähnlichen Verhältniſſen begegnen wir in der Thierwelt! Wohl Nichts hat die eminente Empfindlichkeit der lebenden Organelemente des Thierleibes für eine Veränderung ihrer normalen Säftezufuhr ſchlagender illuſtrirt als die Transfuſionsverſuche (vgl. S. 47), bei welchen ſich herausſtellte, daß bei Säugethieren die durch das Blut einer andern Species erſetzte Blutmenge gar keine bedeutende zu ſein braucht, damit der Tod erfolgt[39]), und bei Waſſerthieren, bei welchen die Structur der äußeren Hüllen den inneren Organen und Gewebsſäften noch keine genügende Beſtändigkeit dem äußeren Medium gegenüber gewährt, wirken Schwankungen in der chemiſchen Zuſammenſetzung des umſpülenden Waſſers nicht weniger ſtörend auf die Lebensverrichtungen ein als bei den warmblütigen Wirbelthieren die Veränderungen des innern Mediums, des Blutes. Doch darf nicht überſehen werden, daß es dem Organismus gewöhnlich leicht gelingt, ſich derartigen, bei einem plötzlichen Eintreten lebensgefährlich werdenden Schwankungen der Lebensbedingungen langſam anzupaſſen, und das Vorkommen vieler in ihrer Form äußerſt conſtant bleibender Meduſenformen, z. B. Aurelia aurita, in salzarmen und salzreichen Meeren, die Anpaſſung echter Paraſiten an die Ernährungsſäfte ihrer Wirthe veranſchaulichen die Macht der allmähligen Gewöhnung nicht weniger gut als die künſtlichen Züchtungsverſuche in salzreichem und salzarmem Waſſer, welche z. B. *Beudant* an Mollusken, *Czerny* an Amöben, *F. Plateau* und *Schmankewitſch* (vgl. S. 10) an Arthroproden ausgeführt haben[40]). Bleiben die Ernährungsverhältniſſe ungeändert, dann vermögen aber ſelbſt bei den Säugethieren einige aus ihrem natürlichen Organverbande abgetrennte Körpertheile weiter zu leben, ja zu proliferiren, und alle Thatſachen dieſer Art, welche uns Aufſchluß darüber ertheilen, in welcher Weiſe ſich die Grenze dieſer Productionsfähigkeit bei verſchiedenen

Thieren verſchiebt, beſitzen für uns natürlich die größeſte Bedeutung; lehren dieſelben doch, wie eng oder wie locker der Zuſammenhang zwiſchen den einzelnen Organen und dem Centralnervenſyſteme gefügt iſt. Die ſeit *J. L. Réverdin's* Erfolgen oftmals geübten Transplantationen[41]) ſtellen zweifellos die einfachſte und zuverläſſigſte Verſuchsanordnung dar, wenn es gilt, die einzelnen Organe und Gewebe des Thierkörpers auf ihre nutritive und functionelle Abhängigkeit vom Nervenſyſteme zu prüfen. Dieſe haben für die Wirbelthiere in der That auch gelehrt, daß bei Erhaltung der Zufuhr normaler Ernährungsſäfte nicht nur Perioſt, Haut- und Schleimhautepithelſtückchen eine Lostrennung und Verpflanzung an andere Plätze ohne Schädigung ihrer vitalen Eigenſchaften erleiden können, ſondern daß auch größere abgehauene Körperſtücke (z. B. die Schwänze bei Ratten, abgehauene Stücke von Ohr, Naſe und Fingern bei Menſchen) wieder zur regelrechten Verheilung zu bringen ſind. Die Zahl dieſer Verſuche iſt aber eine noch ſehr beſchränkte; es ſind dieſelben meines Wiſſens auf niedere Thiere niemals ausgedehnt, und deßhalb iſt mit den Reſultaten gegenwärtig nur wenig zu machen.

Glücklicherweiſe erhalten die Transplantationen eine weſentliche Ergänzung durch Verſuche, welche die Erforſchung der Regenerationsvorgänge an verſtümmelten Körpertheilen[42]) zum Ausgang nahmen und an Vertretern ziemlich aller Thierklaſſen ausgeführt ſind. Unſer Intereſſe iſt dabei weniger auf diejenigen anaplerotiſchen Proceſſe gerichtet, bei welchen es ſich bei Erhaltung aller wichtigeren Nervencentren zu einer mehr oder minder vollſtändigen Wiedererſetzung verloren gegangener Extremitäten (wie bei Fiſchen, Amphibien und Krebſen), abgeſchnittener Antennen (wie bei Inſecten) oder Schwänze (wie bei den Eidechſen) handelt, ſondern wir faſſen vor allen diejenigen Regenerationen in's Auge, welche noch nach tiefgreifender Verletzung centralnervöſer Organe von Statten gehen und ſelbſt zu einer Regeneration dieſer führen

können. Da ſcheint nun durch neuere Unterſuchungen von *Carrière* u. A. für die Pulmonaten ſicher erwieſen zu ſein, daß dieſe Thiere nach Verletzung ihres Schlundringes ausnahmslos zu Grunde gehen und eine Regeneration abgeſchnittener Tentakeln (mit ihren Augen), Lippen und auch größerer Theile des Kopfes nur bei Erhaltung des Schlundringes möglich iſt. Eine gründliche Ausbeſſerung des Verluſtes nach tiefgreifender Schädigung der Nervencentren glückt erſt ſolchen Formen, deren Körper in der Anordnung der Nervencentren eine gleichmäßige Segmentirung aufweiſt; ſo z. B. mehreren Anneliden (Lumbricus, Nais u. dgl. m.), welche *Bonnet* zu ſeinen Verſuchen benutzte. *Bonnet* fand, daß wenn er einen dieſer Würmer halbirte, jede Hälfte weiter lebte und ſich zum ganzen Thiere ergänzte; am Vorderſtücke bildete ſich ein neues Hinterende, an dem Hinterende entwickelte ſich ein neuer Kopf. Ganz analoge Reſultate erzielte *Bonnet*, wenn er einen dieſer Würmer ſtatt in zwei in vier, ja wenn er eine Nais in 24 Stücke zerlegte; faſt alle Fragmente lebten fort, ergänzten ſich und ein jedes glich ſchließlich einem vollſtändigen Thiere. Dieſe Verſuche ſind ſpäter mehrfach wiederholt, zum Theil mit widerſprechendem Erfolge. So fand u. A. *J. d'Udikem*, daß ſich bei Flußwaſſerformen der Gattung Tubifex zwar der vordere Körperabſchnitt durch Neubildung eines Schwanzſtückes completirt, daß aber dem Hinterende die Fähigkeit, einen Kopf anzubilden, fehlt; ähnliche Verhältniſſe walten bekanntlich auch bei den Ceſtoden ob. Sowohl die vielfach beſtätigten Verſuche *Bonnet*'s an Lumbricus, wie auch die an Borſtenwürmern, namentlich Oligochäten (Myrianida, Nais, Chaetogaster), eingehend ſtudirten Sproſſungsvorgänge laſſen indeß ſchließen, daß wenigſtens bei mehreren Annelidenſpecies auch der Schlundring von Nervenknoten der hinterliegenden Ganglienkette aus wiedererſetzt werden kann, und daß ſomit bei dieſen Würmern die gleichen Verhältniſſe realiſirt ſind, welche für Turbellarien, Aſteriden, Zoophyten und Protozoen als Regel gelten.

Theilungsverſuche an Planarien wurden von *Pallas*, *Draparnaud*, *Moquin-Tandon* und von *Dugès* angeſtellt. Letzterer ſah, wenn er bei mehreren Planarien den Körper, ſei es in der Quer-, ſei es in der Längsrichtung theilte, jedes Fragment ſich derart entwickeln, daß bald ein vollkommenes Individuum neu entſtanden war. An Afteriden beobachteten bereits 1741 *Bernard de Juſſieu* und *Guettard*, daß ein einziger abgelöſter Arm im Stande iſt, die ganze Mittelſcheibe nebſt den vier übrigen Armen zu reproduciren; *Dujardin* und *Hupe* beſtätigten die Angaben, und *Haeckel* erkannte in dieſer Thatſache einen ſchwer wiegenden Beweisgrund für die Auffaſſung der Echinodermen als echte Stöcke gegliederter Würmer. Gleich vielen Anneliden zerſtückeln ſich auch die Synapten, wenn ſie unter ungünſtige Lebensbedingungen verſetzt werden; doch iſt es ebenſo unwahrſcheinlich, daß ſich ſolche Fragmente zu vollſtändigen Thieren wieder ergänzen, als die Verſicherung von *Dalyell*, daß Holothurien ihre ausgeworfene Eingeweidemaſſe neu zu bilden vermögen.

Ausgedehntere Verſuchsreihen über die Theilbarkeit der Meduſen ſtellten in neuerer Zeit *Haeckel* und *Eimer* an. Bei mehreren Arten aus der Familie der Thaumantiaden konnte *Haeckel* den Meduſenſchirm in mehr als hundert Stücke zertheilen und aus jedem Stück, ſobald es nur einen Theil des Schirmrandes enthielt, erwuchs in 2 — 4 Tagen eine vollſtändige kleine Meduſe. Noch überraſchender war das Reſultat, welches *Haeckel* bei anderen Hydromeduſen erhielt. Hier konnte er den kugeligen, nicht differenzirten Zellenhaufen (oder die wimpernde, kugelige Larve), welche aus der Eifurchung hervorgegangen war, in mehrere Stücke zerſchneiden und aus jedem Stück entwickelte ſich eine ſelbſtändige Larve. *Eimer*, der vorwiegend an Aurelia aurita experimentirte, gelangte dagegen zu der Anſicht, daß «kein Meduſenkrüppel, der ſämmtlicher Contractionscentren beraubt iſt, dauernd zu leben vermag, und daß eine Erholung der dieſer Centren entbehrenden

Thiere nur eine vorübergehende Erſcheinung ſein kann». Ueberdies iſt aber zur Genüge bekannt, daß die Strobilaformen gewiſſer Acalephen ſich ſpontan in eine große Menge discoider Stücke ſpalten, von denen jedes zu einer neuen Meduſe auswächſt, und auch bei Actinia lacerata ſah *Dalyell* kleine Fußſtücke ſich zum ganzen Thiere ergänzen. Bei dem Süßwaſſerpolypen Hydra *(Trembley)*, bei Spongien *(Laurent)*, bei mehreren Protozoen (z. B. bei Vorticellen *[Trembley]*, Difflugia enchoelis *[A. Schneider]*, Urnula epistylidis *[Claparède* und *Lachmann]*) kennt man die Reproductionsfähigkeit ſolcher minutiöſer Theilſtücke ſchon ſeit einer geraumen Anzahl von Jahren.

Mit den Ergebniſſen der Transplantations- und Regenerationsverſuche, mit den Beobachtungen über die natürlichen Theilungsvorgänge und Knoſpenbildungen iſt eine große Fülle anderweitiger Thatſachen in Einklang zu bringen, von welchen die wichtigeren jetzt beſprochen werden ſollen. Wir gehen dabei zweckmäßig von einer Eintheilung der Nervenverhältniſſe aus, welche wir zugleich als ein Reſultat unſerer bisherigen Betrachtungen anſehen dürfen, und welche ſowohl dieſe wie auch die folgenden Auseinanderſetzungen überſichtlich zu gruppiren geſtattet. Wir unterſcheiden:

1. Die ſarkoplaſtiſchen Formen, bei denen es weder zu einer Ausbildung echter Muskelſubſtanz, noch zu der Entwicklung ſelbſtändiger nervöſer Leitungsbahnen und gut umſchriebener nervöſer Centren im phyſiologiſchen Sinne gekommen iſt.
2. Die Thiere mit differenzirtem Nerven- wie Muskelſyſteme, bei welchen die centralnervöſen Organe noch diſſeminirt, einander ziemlich gleichwerthig ſind, und bei denen die Functionen eines Centralorganes deshalb auch durch ein anderes mehr oder weniger vollſtändig übernommen werden können.
3. Die Thiere, bei denen alle wichtigeren centralnervöſen

Verrichtungen gebunden ſind an ſtreng localiſirte Ganglienanhäufungen, deren Verluſt unabänderlich den Tod des Thieres nach ſich zieht.

4. Die Thiere mit entwickeltem Cerebroſpinalſyſteme.

Unterſuchen wir, welche weiteren Momente für die Berechtigung dieſes Eintheilungsprincipes ſprechen!

Die Sarkoplaſten.

Bei allen der erſten Gruppe, den Sarkoplaſten, anheimfallenden Lebeweſen verbindet ſich mit einer unbegrenzten Theilbarkeit und Reproductionsfähigkeit der Theilſtücke nicht nur eine ausgeſprochene Monotonie im hiſtiologiſchen Baue, ſondern auch eine auffallende Gleichartigkeit des Vergiftungsbildes, wenn die lebenden Theile mit irgendeinem deletär wirkenden Stoffe in innigeren Connex gerathen. Von Subſtanzen dieſer Art, den ſog. Protoplasmagiften, kennen wir bereits (vergl. S. 325) das Chinin, und dieſem reihen ſich weiterhin die Anäſthetika, das Nicotin, das Veratrin und die Kaliſalze an. Während alle ſonſtigen Stoffe, die nicht ſogleich Eiweißgerinnung verurſachen, auf Protozoen wie Spongien ziemlich wirkungslos befunden wurden und, was für uns ja das Wichtigere iſt, an dieſen keine prononcirte Vergiftungsſymptome hervorrufen, tritt durch jedes der genannten Protoplasmagifte bald eine Lähmung ein, der ein Opakwerden und ein Zerfall der ſarkoplaſtiſchen Maſſe nachfolgt.

Claude Bernard verfiel in einen ſchweren Irrthum, als er einſt behauptete[43]), die Anäſthetika ſeien für die Flimmerzellen deshalb nicht als Gifte zu bezeichnen, weil keine ſchädliche Nachwirkung hinterbleibe, wenn die Zellen ſich ihrer wieder entledigt hätten; ſo verhalten ſich jedoch alle Gewebe allen Giften gegenüber. Kein Gift (weder das Strychnin und Curare, noch die Anäſthetika) läßt beim Menſchen, bei Arthropoden oder Meduſen eine Nachwirkung beſtehen, wenn es aus dem Organismus vollkommen wieder entfernt iſt, und ſpeciell den ſarkoplasmatiſchen Giften gegenüber beſteht kein qualitativer Unterſchied zwiſchen den einfachſten

Lebeweſen und den höchſt entwickelten; es wirken dieſe Stoffe jedenfalls auf Proceſſe ſtörend ein, mit deren unbehindertem Verlauf im Thierreiche überall das Leben eng verknüpft iſt.

Auf Grund unſerer Vergiftungsverſuche[44]) zählen wir den Sarkoplaſten auch die Turbellarien zu. Wir ſind uns dabei aber wohl bewußt, daß ſich bei dieſen eine Sonderung centralnervöſer Organe phyſiologiſch vielleicht nur deshalb ſo unvollkommen manifeſtirt, weil ſich ihre Leibesſubſtanz zum größten Theil aus protoplasmatiſchem Materiale aufbaut, in welches ſelbſt die kernhaltig angelegten Muskelfaſern beim ausgebildeten Thiere wieder zurückgeſchlagen ſind[45]).

Die acerebroſpinalen Formen mit differenzirtem Nerven- und Muskelgewebe.

Weit weniger ſcharf begrenzt als die Sarkoplaſten ſind unſere zweite und dritte Gruppe. Als Repräſentant der zweiten Gruppe müſſen wir diejenigen Oligochäten anſehen, bei welchen (wie z. B. bei Lumbricus) eine Regeneration des Kopfſtückes am Hinterende beobachtet wurde oder bei welchen die Sproſſungsvorgänge auf eine Gleichwerthigkeit der Ganglienknoten im Nervenſtrang hinweiſen, während für die dritte Gruppe die Pulmonaten das Paradigma abgeben würden. Es liegt jedoch auf der Hand, daß die zweite mit der dritten Gruppe verſchmelzen würde, wenn die Thiere, bei welchen ſich functionell gleichwerthige Ganglienanhäufungen in regelmäßigen Abſtänden von einander differenzirt haben, als Thierſtöcke aufgefaßt werden und die Zahl der einzelnen Ganglienknoten auch als maßgebend für die Individuenzahl angeſehen wird. In dieſer Weiſe ſind die Verhältniſſe bei den Echinodermen und Meduſen thatſächlich gedeutet worden, indeß liegt z. B. bei den Anneliden kein triftiger Grund für eine ſolche Auffaſſung vor, und zugleich ſprechen auch viele morphologiſche Thatſachen dafür, dem Zuſtande eines conſolidirteren Centralnervenſyſtems ein in ſeiner Anlage mehr diffuſes als Vorſtufe gegenüberzuſtellen. Müſſen wir demnach an einer Trennung der zweiten von der dritten Gruppe auch unbedingt feſthalten, ſo empfiehlt es

ſich andrerſeits aber ebenſoſehr bei einer ſpeciellen Auseinanderſetzung von dieſer Unterſcheidung Abſtand zu nehmen; denn Uebergänge ſind, wie geſagt, hier zahlreich vorhanden und nach Abtrennung der Sarkoplaſten kommen die ſämmtlichen Wirbelloſen mit alleiniger Ausnahme der Cephalopoden unter eine dieſer beiden Gruppen zu ſtehen. Es ſcheint mir deßhalb rathſam, lediglich an der Hand der Syſtematik die Einrichtungen der centralnervöſen Organe bei den Wirbelloſen durchzugehen.

Bei Thierformen, welche nicht einmal über eine enzymatiſch-ſecretive Verdauung verfügen, deren Körpermaſſe nahezu aus 95 %, unter Umſtänden vielleicht aus mehr als 97 % Waſſer beſteht, treffen wir eine Einrichtung des Nervenſyſtems an, wie ſolche in ihrer phyſiologiſchen Uebereinſtimmung mit den Verhältniſſen bei den Wirbelthieren von keinem ſonſtigen Vertreter eines andern Typus unter den Wirbelloſen auch nur annähernd erreicht wird. Trotz allen Separirtbleibens der einzelnen Ganglienhaufen weiſen nämlich die Meduſen[46]) bezüglich der Anordnung und dem innern chemiſchen Gefüge ihres Nervenmuskelapparates die weitgehendſte Analogie mit den Wirbelthieren auf, — eine Analogie, die ſich ſelbſt bei den Actinien[47]) noch erhält, bei dieſen aber deshalb weniger deutlich hervortritt, weil die Ganglien den Endorganen dicht anliegen und ſo bei Abweſenheit längerer Leitungsbahnen der ganze Nervenmuskelapparat äußerlich mehr einen einheitlichen, ich möchte ſagen, einen rein protoplasmatiſchen Eindruck macht.

Es iſt unzweifelhaft das ausſchließliche Verdienſt von *Eimer*, experimentell feſtgeſtellt zu haben, daß bei den toponeuren Meduſen (Acraſpeden *Gegenbaur*'s) die rhythmiſchen Contractionen angeregt werden von den «contractilen Zonen», und daß bei Erhaltung einer einzigen derſelben ſich das Thier noch wie ein normales contrahirt. Jedes Theilſtückchen, welches eine contractile Zone enthält, contrahirt ſich, während ſämmtliche Stücke, die den Zuſammenhang mit einer ſolchen eingebüßt haben, regungslos

erſcheinen. Nach Verluſt aller acht, bei normalen Thieren ſynchroniſch thätigen contractilen Zonen vermögen ſich die Meduſen (Aurelia aurita) nicht mehr zu contrahiren, ſind unbeweglich, wie todt; ſpäter zeigen ſich aber wieder unregelmäßige, ſchwache Contractionen, welche anfangs mehr localer Natur ſind, und nach 3—4 Tagen regelmäßigen, rhythmiſchen Bewegungen Platz zu machen pflegen.

Bei den cycloneuren Meduſen (Craſpedoten *Gegenbaur*'s), z. B. bei Sarsia, ſind die Ganglien im Schirmrande nicht in ſo hervorragender Weiſe localiſirt wie bei den Toponeuren; bei jenen iſt der ganze Schirmrand contractile Zone. «Abſchneiden des Schirmrandes hebt, und zwar ohne Ausnahme, die ſo äußerſt lebhaften Contractionen der Sarsia ſofort auf. Der Schirmrand ſelbſt contrahirt ſich nun munter fort, während ſich der randloſe Theil der Glocke nicht wieder erholt. Schneidet man drei von den vier, je einen Augenfleck tragenden verdickten Stellen, den ſog. Ganglien, des Schirmrandes aus, ſo contrahirt ſich die Sarsia weiter. Hat man aber auch das letzte Ganglion ausgeſchnitten, ſo fällt ſie regungslos zu Boden, um ſich jedoch gewöhnlich, wenn auch nicht immer, ſo zu erholen, daß ſie ſpäterhin wieder rhythmiſche Contractionen ausführt, die allerdings wenig kräftig ſind.»

Schließlich führten Verſuche von *Eimer* zu einem bemerkenswerthen Reſultate bezüglich des phyſiologiſchen Zuſammenhanges zwiſchen den contractilen Zonen und der quergeſtreiften Umbrellarmuskulatur. *Eimer*'s diesbezügliche Verſuchsreihen ſind mit großem Geſchicke von *Romanes* weiter ausgebildet, eröffneten dieſem Forſcher aber keine neue Geſichtspunkte, ſondern beſtätigten ihm nur das Ergebniß von *Eimer*, demgemäß eine ſehr ſchmale Verbindungsbrücke, gleichviel in welchem Theile des Schirmes, die phyſiologiſche Verbindung der einzelnen Bezirke des letztern aufrecht erhalten kann.

Wie ſchwer ſelbſt bei den Toponeuren der normale Verband

der Leitungswege bei möglichſter Reduction der contractilen Zonen geſchädigt ſein kann, ohne daß die nervöſe Leitung eine Einbuße erfährt, lehrt am ſchlagendſten folgender, von *Romanes* an Aurelia aurita ausgeführter Verſuch: «Sieben Randkörper wurden ausgeſchnitten, vom achten an wurde ein Schnitt ſpiralig bis gegen das Centrum des Thieres hingeführt, ſodaß der Körper desſelben in ein langes Band geſchnitten war, deſſen eines Ende von dem letzten Randkörper, deſſen anderes von dem Centraltheile der Scheibe eingenommen wurde. Es zeigte ſich nun, daß die von dem Randkörper angeregten Contractionswellen ſich durch die ganze Spirale bis zu deren Ende hin fortpflanzen konnten. Indeſſen hatten Länge und Breite des Bandes einen großen Einfluß auf das Reſultat und es zeigten ſich ſehr große individuelle Verſchiedenheiten. Der äußerſte von *Romanes* beobachtete Fall ununterbrochener Leitung war der, in welchem die Spirale zwei und eine halbe Windungen machte. Der die Spirale bildende Gewebsſtreifen war dann ungefähr einen Zoll breit und nahezu eine Elle lang.»

Wir verzichten auf eine Auseinanderſetzung der vielen ſonderbaren Erklärungsverſuche, durch welche *Eimer* ſeine ſchönen experimentellen Befunde entſtellt hat, wir ſchweigen von *Eimer*'s verfehlten Ideen bezüglich der will- und unwillkürlichen Bewegungen, von ſeinen «Erſatzconcentrationscentren» und ſeinen Neuromuskelfaſern, und unterſuchen jetzt, welche theoretiſchen Schlüſſe ſich aus dem reichen Beobachtungsmateriale ableiten laſſen.

Als ich 1878 verſuchte, mir ein Bild von der Anordnung des Nervenſyſtems bei den Meduſen zu machen, bemerkte ich bald, daß ein Punkt nur ſehr oberflächlich unterſucht worden war, der für jede phyſiologiſche Erörterung von der allergrößeſten Wichtigkeit ſein mußte; nämlich die Natur der Leitungsbahnen ſelbſt. Wider Erwarten war ich ſo glücklich, die empfindliche Lücke nach jeder Richtung hin auszumerzen, indem mir der Nachweis gelang, daß bei allen von mir geprüften Meduſen die contractilen Zonen mit

den Muskeln lediglich durch Nerven verbunden ſind, und daß dieſe völlig analog den motoriſchen Endapparaten bei den Wirbelthieren in die Schirmmuskeln eintreten. Eine Klarlegung dieſer Verhältniſſe war nur mittelſt combinirter Vergiftungsverſuche möglich geweſen, und der entſcheidende Beweis ergab ſich dadurch, daß das Curare die Nervenendigungen in den quergeſtreiften Meduſenmuskeln ebenso lähmt (vgl. S. 392 Anm. 117) als die motoriſchen Nervenendapparate in den willkürlichen Muskeln der Wirbelthiere, während es in jenem wie in dieſem Falle die centralnervöſen Organe und die Muskeln gänzlich unbeeinflußt läßt. Nehmen wir zu dieſer Thatſache die Reſultate der *Eimer*'ſchen Verſuche hinzu, ſo ergiebt ſich für die Meduſen Folgendes:

1. In dem Schirmrande finden ſich eine bald größere, bald geringere Anzahl von phyſiologiſch durchaus gleichwerthigen Nervencentren (*Eimer*'s «contractile Zonen») vor, welche durch zahlreiche, vielfach mit einander verknüpfte Nervenfaſern mit der Schirmmuskulatur im Zuſammenhange ſtehen.

2. Nach Abtragung ſämmtlicher contractilen Zonen erliſcht die Bewegung kürzere oder längere Zeit vollſtändig, ſetzt aber ſpäter von Neuem ein. Daraus ſchließen wir, daß die Muskelcontractionen nicht nur von den contractilen Zonen aus direct, ſondern auch noch von anderen rhythmiſch automatiſchen Centren aus erregt werden, auf welche unter normalen Verhältniſſen die contractilen Zonen einen hemmenden Einfluß ausüben. Dieſe oder noch eine andere Art ſecundärer Ganglien werden auch durch ſenſibele Reize direct in Erregung verſetzt.

3. Die Verbindungsweiſe der Nerven mit den Muskelfaſern des Schirmes iſt vollkommen analog derjenigen, welche wir durch *Kühne*'s Unterſuchungen bei den quergeſtreiften Vertebratenmuskeln kennen.

Bei den Ctenophoren[18]) wurden die Innervationsverhältniſſe mit großem Erfolge bei jenen Arten ſtudirt, bei welchen, wie z. B.

bei Beroe, die automatiſch immer thätigen Schwingplättchen durch leiſtenartige Sperrvorrichtungen von dem Thiere nach Belieben zur Ruhe gebracht werden können. Bei jenen Formen hingegen, wo, wie z. B. bei Chiaja, dieſe Hemmungsvorrichtungen fehlen, und der Schlag der Schwingplättchen deshalb auch unter allen Umſtänden, ja noch lange nach dem Tode des Thieres fortbeſtehen bleibt, erwieſen ſich alle Bemühungen, über den Mechanismus der nervöſen Apparate Näheres in Erfahrung zu bringen, als ausſichtslos.

Bei Beroe finden ſich an dem Afterpole die ſog. Sinneskörper, von welchen acht Züge von Ectodermzellen als Nerven zu den Rippen ausſtrahlen. Dieſe Sinneskörper repräſentiren gewiſſermaßen das Centralnervenſyſtem der Beroe und arbeiten an allen oder wenigſtens an beiden Rippen ein und desſelben Quadranten unter einander ebenſo ſynchron wie die contractilen Zonen bei den Meduſen, denen ſie aber im Uebrigen keineswegs analog ſind. Schneidet man eine Beroe der Quere nach durch, ſo ſteht die Schwingplättchenbewegung an der des Afterpols verluſtig gegangenen Hälfte eine geraume Zeit ſtill, während ſie ſich an der aboralen Hälfte ſehr bald mit früherer Lebhaftigkeit wieder einſtellt[49]). Reizt man bei Euplothamis an der oralen Hälfte, deren Schwingplättchen ſtillſtehen, eine der Rippen mechaniſch, ſo beginnen faſt momentan die Schwingplättchen aller acht Rippen energiſch an zu ſchlagen und raſch ſchwimmt das Theilſtück davon *(Chun)*. Durchtrennt man an einer unverſehrten Beroe Eine der Rippen, ſo verhalten ſich die beiden Theilſtücke der durchſchnittenen Rippe genau ſo wie die oralen und aboralen Hälften vollkommen durchſchnittener Thiere, während die Flimmerbewegung an allen übrigen Rippen in normaler Weiſe fortbeſteht.

Aus dieſen Cardinalverſuchen ergeben ſich einige weſentliche Differenzpunkte zwiſchen den nervöſen Einrichtungen der Meduſen und denen der Beroe; denn wie ich gezeigt habe, müſſen die

Beobachtungen an Beroe folgendermaßen gedeutet werden: Jene Sperrvorrichtungen an den Rippen, welche ſich über die Schwingplättchenreihen hinüberlegen und ſo deren automatiſche Bewegungen ſiſtiren können, ſtehen durch Nerven mit Ganglien in Verbindung, von welchen den contractilen Elementen der Sperrleiſten beſtändig toniſche Erregungen zufließen, wodurch das Einſchlagen der Flimmern gewöhnlich verhindert wird. Dieſe continuirlich automatiſch wirkenden Centren, welche in großer Zahl vorhanden und den Flimmern ſehr benachbart in den Rippen gelagert ſein müſſen, ſtehen mit den Sinneskörpern am Afterpole durch Nerven in directer Verbindung. Die ſpontanen Impulſe, welche von den Sinneskörpern ausgehen, üben aber nur einen hemmenden Einfluß auf die automatiſchen Rippencentren aus, inhibiren den von ihnen normal ausgehenden Tonus der Muskeln an den Sperrvorrichtungen und ſtellen in Folge deſſen den Schlag der Schwingplättchen ſtill. Daß ſich von den Sinneskörpern aus zugleich centrifugal leitende Nerven unmittelbar an die Muskeln der Sperrleiſten begeben, iſt nach dem Beobachteten höchſt unwahrſcheinlich, — ſicher erwieſen indeß, daß eine Verknüpfung beider Organe durch centripetal verlaufende Faſern ſtatt hat [50]).

Wie die Durchſchneidung Einer Rippe an der unverſehrten Beroe lehrt, anaſtomoſiren die von den Sinneskörpern zu den automatiſchen Rippencentren verlaufenden Nervenſtränge bei Beroe nicht wie bei Aurelia; doch nach *Chun's* Verſuche an Euplothamis zu ſchließen, beſtehen hier nicht weniger ausgedehnte Nervenverzweigungen, welche die automatiſch thätigen Centren verſchiedener Rippen mit einander verbinden. Schließlich ſei noch hervorgehoben, daß ſämmtliche an Beroe geprüften Gifte (z. B. Strychnin, Curare) in erſter Inſtanz reizend auf die Sinneskörper einwirken und wegen des bald eintretenden Abſterbens der automatiſchen Rippencentren ein ſtändiges Erlöſchen des Plättchenſchlages herbeiführen, während bei Chiaja, wo die Sperrvorrich-

tungen fehlen, die Flimmern in der Strychnin- wie in der Curarelöſung außerordentlich lange in Bewegung bleiben.

Die Nervenphyſiologie der Echinodermen[51]) iſt von verſchiedenen Forſchern zum Gegenſtande experimenteller Unterſuchungen gemacht worden; wir verfügen über Beobachtungen an Crinoiden, an Echiniden, an Aſteriden, und nur für die Holothurioiden liegen keine präciſere Angaben vor.

Den Hohlraum des dorſoventralen Kelchhöckers (Quinquelocularorgan) bei Comatula betrachtet *William Carpenter* nicht, wie *Johannes Müller* und *Greeff* thaten, als Blutgefäß, ſondern als das eigentliche Centralorgan des Nervenſyſtems, von dem motoriſche Nerven zu den Armen abgehn und in den Pinnulae enden. *Carpenter* überzeugte ſich, daß die ventrale Kelchfläche und die ganze Eingeweidemaſſe aus dem Kelche entfernt werden kann, ohne daß die Coordination der Armbewegungen geſtört wird, daß dagegen Durchſchneiden des Axenſtranges die Muskelcontractionen an dem zugehörigen Arme zum Ausfall bringt. Auf die Ausſpreitzung der Arme hat die Nervendurchſchneidung keinen Einfluß, denn dieſe iſt keine Muskelwirkung, ſondern geſchieht durch elaſtiſche Ligamente, welche dorſalwärts zwiſchen den Segmenten ausgeſpannt ſind. *Carpenter* vermuthet auch, die homogene plasmatiſche Structur der Nerven möge in dem ausſchließlich flectoriſchen Charakter der verſorgten Muskeln begründet liegen, und hält die ventral verlaufenden Faſern *H. Ludwig*'s für ſenſibele Nerven, die ihr Centrum in dem oralen Nervenringe finden.

Ich habe an derſelben Form (Comatula rosacea) wie *Carpenter* experimentirt, bin aber zu einer von der ſeinigen ſehr abweichenden Auffaſſung gelangt. Vor allen läßt ſich die Anweſenheit eines motoriſchen Nerven in dem Axenſtrange der Comatula nicht in der einfachen Weiſe experimentell darthun, wie *Carpenter* beobachtet zu haben angiebt. Schneidet man nämlich der Comatula von einem Arme Stücke (ohne den zugehörigen Baſalanſatz)

ab, ſo behalten dieſelben ihre Empfindlichkeit und ihr Bewegungsvermögen noch ſtundenlang bei, und daraus geht, wie ich glaube, mit Evidenz hervor, daß auch in den Armen Reflexcentren vorhanden ſind; hinſichtlich der Fortleitung ſenſibeler Erregungen zeigt Comatula ein ähnliches Verhalten als das von *A. v. Heider*[52]) an Actinien beobachtete: Bei vorſichtigem Abſchneiden einer Pinnula reagirt nur der zugehörige Arm, werden dagegen mehrere Pinnulae oder ein Stückchen der Armſpitze oder endlich an verſtümmelten Exemplaren das zu äußerſt gelegene Brachiale entfernt, ſo antworten ſämmtliche Arme durch Abwehrbewegungen. Meine Anſicht geht demnach dahin, daß bei Comatula den Nerven überall ganglionäre Centren beigegeben ſind, und daß der Nervenring, mag derſelbe nun dorſal oder ventral liegen, nur als motoriſches Coordinationscentrum von Bedeutung iſt. Dieſen Verhältniſſen begegnen wir bei allen Echinodermen wieder.

Bei den Echiniden umgiebt den Mund ein Nervenring, welcher durch eine Furche in zwei concentriſch angeordnete Bänder getheilt iſt, von denen das innere Band ausſchließlich aus Faſern, das äußere aus epithelartig neben einander liegenden, ſehr kleinen bipolaren Ganglien beſteht und in die Ambulacralnerven ausläuft. Dieſes iſt nach *Fredericq* das Centralnervenſyſtem der Echiniden, und es ſteht als ſolches der Coordination der Bewegungen vor, welche an allen Stücken fortfällt, deren zugehöriger Ambulacralnerv durchſchnitten wurde. Durch Einkerben der Buccalmembran läßt ſich der Nervenring am lebenden Thiere der Quere nach durchſtechen, und dieſe Operation hebt die Coordination an allen Körperſegmenten auf, welche durch den Nervenring nicht mehr unter einander in Verbindung ſtehen, während die Körperſegmente, welche ihre Ambulacralnerven von ein und demſelben Stücke des getheilten Nervenringes beziehen, noch wie zuvor harmoniſch zuſammenwirken.

Indem ſich die Ambulacralnerven an der geſammten inneren

Schalenfläche reichlich verästeln, bilden sie den von *Ewart* entdeckten «inneren Nervenplexus», von dem weiterhin zahllose Fäden ausgehen, welche die Kalktäfelchen der Schale seitlich passiren, um sich mit dem, ebenfalls von *Ewart* aufgefundenen ganglienreichen Nervengeflechte an der äußeren Schalenoberfläche zu vereinigen. *Fredericq* kannte bereits die Thatsache, daß bei mechanischer Reizung der oberen Schalenhaut die Stacheln, die Saug- und Greiffüßchen sich sogleich der Reizstelle zukehren und die Haut vor dem Angriffe zu beschützen suchen. Wie *Romanes* nachwies, treten diese Abwehrbewegungen auch dann noch ein, wenn der innere Nervenplexus durch Salzsäure weggeätzt ist; ferner lassen sich diese Reflexe auch auf ganz bestimmte Bezirke dadurch beschränken, daß diese durch Schnitte, welche nur die Schalenoberhaut zu durchdringen brauchen, von der Umgebung inselartig abgegrenzt werden. Die vielfältigen Bewegungen, mit welchen die Stacheln, die Saugfüßchen und die Pedicellarien der Echinidenschale schwache Reize beantworten, scheinen durchgängig von den Ganglien des äußeren Nervenplexus ausgelöst zu werden; mit dem inneren Nervengeflechte ist gegenwärtig noch kein anderer Begriff zu verbinden als der einer Reizübertragung, welche sowohl von dem äußeren Plexus auf die Ganglien des oralen Nervenringes als auch umgekehrt erfolgen kann.

Wird ein Echinus *(Fredericq)*, ein Asterias *(Vulpian)* oder eine Ophiuride *(Romanes)*, bei welchen der Nervenring zwischen den Abzweigungen der Ambulacralnerven, also im Ganzen fünfmal durchschnitten ist, in die Rückenlage versetzt, so vermag keines der Thiere die normale Körperstellung wieder zu gewinnen. Jedes Zusammenwirken der Ambulacralanhänge und der Skeletmuskeln an den Antimeren ist durch die Operation unmöglich geworden, und Reize, welche einen beliebigen Punkt der Peripherie oder der Mundscheibe treffen, werden von den Säugfüßchenalleen an den fünf Ambulacralfeldern nicht mehr gleichsinnig beantwortet. Gleich

nach der Separation der fünf Centren im Nervenringe kommt es an dem auf den Rücken gelegten Astropecten zu einem tulpenartigen Zuſammenlegen der Arme und bei den Ophiuriden ſtellt ſich eine allgemeine Starre an den Armen ein; alle dieſe Erſcheinungen, welche die unmittelbaren Folgen des experimentellen Eingriffes ſind, verſchwinden indeß bald, und jeder Arm, jedes Antimer vollzieht dann ſeine Bewegungen auf eigene Rechnung, unbekümmert darum, was an den übrigen vor ſich geht.

Werden in Folge einer Durchtrennung des Nervenringes an den bezeichneten Stellen oder der verſorgenden Ambulacralnerven nur einzelne Antimere aus dem Geſammtverbande ausgeſchaltet, ſo reſultiren ſtets Verhältniſſe, welche nach dem Grundſatze, daß die Verbindungsſtränge des Nervenringes nur Erregungen leiten, welche die Bewegungen an den einzelnen Ambulacren zu coordinirten werden laſſen, mit vollkommener Sicherheit voraus zu beſtimmen ſind. Wird bei einem regulären Seeigel ein Ambulacrum, bei einem Aſteriden oder einer Ophiuride ein Arm mit der im Baſalende befindlichen zugehörigen Ganglienanſchwellung des Nervenringes amputirt, ſo benimmt ſich das Theilſtück wie ein unverſehrtes ganzes Thier, indem es ſich bei unbequemer Lage gleich jenem durch zweckmäßige Bewegungen der Stacheln und Füßchen die normale Körperhaltung wieder zu verſchaffen weiß. Aber verſchieden, je nach der Species, fällt das Reſultat aus, wenn man ein Antimer ohne das zugehörige Ringganglion abtrennt. Ein ſolches Stück von Asterias rubens *(Vulpian)*, von Astropecten aurantiacus, A. pentacanthus, A. bispinosus und von Ophioderma longicauda vermag aus der Rücken- in die Bauchlage nicht zurückzukehren, während bei Asteracanthion glacialis und wahrſcheinlich auch bei vielen anderen Aſteriden nicht nur der am Anſatzende abgenommene ganze Arm, ſondern auch jedes beliebige Querſtück desſelben ſich dazu noch befähigt erweiſt. Durchſchneidet man den Nerven eines amputirten Asteracanthion-

armes mitten in ſeinem Verlaufe, ſo iſt die Coordination in den Bewegungen der Saugfüßchen zwiſchen der proximalen und diſtalen Hälfte des Armes geſtört; an letzterer können die Bewegungen der Saugfüßchen z. B. nach oben gerichtet oder ganz eingeſtellt ſein, während ſie an dem proximalen Ende lebhaft darnach ſtreben, den gewonnenen Befeſtigungspunkt an der Unterlage zu behaupten. Wir entnehmen dieſem Verſuche, daß bei Asteracanthion ein Ambulacralnerv die gleiche Bedeutung für ein Zuſammenarbeiten der einzelnen Armſegmente beſitzt als der Ringnerv für ein Zuſammenwirken der fünf Arme. Wenn nun aber bei mehreren Aſtropectenarten die Ergebniſſe letzterer Verſuche weſentlich andere ſind als bei Asteracanthion, ſo glaube ich das lediglich auf die geringere Länge der Saugfüßchen und auf die glatte Form des Armgerüſtes, die dem iſolirten Arme oder den Armſtücken nicht die zu einer Umdrehung nöthige Fixation gewähren, ſtatt auf einen grundverſchiedenen hiſtiologiſchen Bau der Armnerven ſchieben zu ſollen. Ich muß zwar daran erinnern, daß an den Armgliedern der Ophioderma ſog. zweckmäßige Bewegungen nach Abtragung des Baſalganglions ebenſo ausbleiben als bei den genannten Aſtropectenſpecies; aber beide Erſcheinungen laſſen keinen Vergleich zu, denn an den Ophiodermaarmen erliſcht jede Bewegung deshalb ſo bald, weil die Armnerven außerordentlich ganglienarm ſind und ihre Reflexcentren ſehr raſch erlahmen, während ſich die Saugfüßchen bei Aſtropecten durch peripheren Ganglieneinfluß ſowohl an den einzelnen Armfragmenten als auch an curariſirten Thieren noch lange Zeit kräftig bewegen. Wir müſſen nur bedauern, daß bislang nicht verſucht worden iſt, die Reflexcentren in den Armen der Aſteriden durch Gifte verſchieden zu beeinflußen und dadurch die Innervationsdifferenzen zwiſchen den Muskeln des Skelets und der Füßchen näher zu ermitteln, welche bei der Curariſirung in der Lähmung der erſteren und dem Intactbleiben der letzteren *(J. Steiner)* nur ſehr oberflächlich hervortreten.

Was über das Nervenſyſtem der Würmer[53]) experimentell erſchloſſen wurde, deutet auf zwei verſchiedene Verhältniſſe hin, welche ſich auf die der Aſteroiden ungezwungen zurückführen laſſen. Ein mit dem Ringganglion in Verbindung gebliebener Ophiodermaarm wiederholt mit der geringen Lebensfähigkeit ſeiner peripheren Centren die Nervenanordnung bei der einen Abtheilung der Anneliden und der Aſteracanthionarm mit der großen Selbſtändigkeit ſeiner peripheren Ganglien die der andern Klaſſe. Zu letzterer würden die Würmer mit regenerationsfähigem Hinterſtücke, vorzugsweiſe Oligochäten gehören, während bei den Hirudineen den Schlundganglien ein weit größerer Einfluß auf alle Segmente eingeräumt werden muß; nach *Kleinenberg*[54]), welcher an der Larve von Lopadorhynchus mit dem Flimmerkranze auch den Nervenring ſchwinden ſah, und der dem entwickelten Wurme demnach fehlt, ſcheint außerdem bei einigen Würmerlarven der Innervationsmodus der Cölenteraten realiſirt zu ſein.

Nur an Hirudineen ſind weitere Thatſachen aufgedeckt, die hier einer Erwähnung werth ſind. Meine Vergiftungsverſuche[55]) führten zu dem Reſultate, daß bei Hirudo officinalis die Hautmuskulatur in analoger Weiſe innervirt wird wie die Schirmmuskeln der Meduſen und die Skeletmuskeln der Vertebraten, indem in dem einen wie andern Falle die motoriſchen Nervenendapparate durch Curare gelähmt werden. Andeutungen dieſer Nervenendigungen ſind bei Hirudo ſpäter von *Armauer Hanſen*[56]) geſehen. Gleichzeitig wurde von mir jedoch ermittelt, daß bei dieſem Wurme das Verhalten der Muskeln zu den centralnervöſen Organen dadurch ein ganz eigenthümliches wird, daß die Muskeln ſo außerordentlich empfindlich gegen die Anäſthetika, beſonders gegen Chloroform ſind, weit empfindlicher noch als die Ganglien des Schlundringes. *Luchſinger* und *Guillebeau* glauben zwar, die *Luchſinger*'ſche Idee[57]) von einem überall im Thierreiche gültigen Geſetze, nach welchem die centralnervöſen Organe durch eine größere Empfindlichkeit für

die Anäſthetika ausgezeichnet ſind als die Muskeln, auch für Hirudo aufrecht halten zu können. Wer ſich indeß die Mühe nimmt, aus den weitſchweifigen Mittheilungen dieſer Autoren die wenigen Thatſachen auszuleſen und kritiſch zu ſichten, erkennt ſogleich, daß dieſe Herren nicht einmal die Fähigkeit erlangt haben, periphere Wirkungen von centralen zu unterſcheiden, und daß ihre Verſuche an meinen Schlüſſen nicht das Mindeſte verändern. Daß das ſog. *Luchſinger*'ſche Geſetz rein aus der Luft gegriffen und unhaltbar iſt, werden wir auch ſpäter bei den Cephalopoden erfahren, wo Chloroform allemal zuerſt die Chromatophorenmuskeln in Lähmung verſetzt.

Das reichhaltige Beobachtungsmaterial, welches für eine Nervenphyſiologie der Arthropoden[58]) beigeſchafft wurde, wird am zweckmäßigſten zu ſichten ſein, wenn 1. die Verſuche Berückſichtigung finden, welche die Frage nach der Gültigkeit des ſog. *Bell*'ſchen Geſetzes betreffen, 2. der Verſuche gedacht wird, welche die Klarlegung der Functionen einzelner Ganglienknoten und deren Verbindungsſtränge verfolgen, und wenn ſchließlich 3. die analogen Beziehungen aufgeſucht werden, welche ſich zwiſchen dem Nervenſyſtem der Arthropoden und dem der Vertebraten experimentell ergeben haben. Bei dieſen Erörterungen verfahren wir in der Art, daß wir zunächſt die Cruſtaceen und darauf die Inſekten betrachten; auch werden wir dabei noch einiger Befunde an niederen Wirbelloſen zu gedenken haben, deren Erwähnung bis hierhin aufgeſchoben werden mußte.

Gegen 1833 veranlaßte *Bell* einen ſeiner Landsleute, *H. Newport*, das nach ihm benannte Geſetz auf ſeine Gültigkeit bei den Arthropoden zu prüfen. *Newport* verſuchte ſeine Aufgabe anatomiſch zu löſen; er ſtudirte die Structur des Nervenſyſtems bei Astacus marinus und kam zu folgenden Ergebniſſen: Der Bauchſtrang beſteht jederſeits aus zwei über einander liegenden Längsfaſerzügen, die durch keine Quercommiſſur verbunden ſind;

der untere dieſer beiden Stränge enthält ganglióſe Anſchwellungen, der obere hingegen nicht, und von beiden entſpringen Nerven, die ebenfalls geſondert verlaufen. Nach *Newport* gehen aus dem oberen Nervenſtrange die den vorderen Rückenmarkswurzeln der Wirbelthiere analogen motoriſchen Nerven, aus dem unteren die ſenſibelen hervor, und da *Newport* bei Arachniden (Scorpio europaeus), Myriapoden (Scolopendra morsitans) und Inſekten (Carabus, Sphinx ligustri) die nämlichen Verhältniſſe antraf, ſo hielt er auch den Schluß für berechtigt, daß die Inſektenflügel von geſonderten, rein motoriſchen und rein ſenſibelen Ganglien aus innervirt werden. Somit würden bei den Arthropoden die motoriſchen und ſenſibelen Wurzeln umgekehrt gelagert ſein als bei den Wirbelthieren, was mit *Geoffroy St. Hilaire*'s Auffaſſung der Arthropoden als auf dem Rücken laufender Thiere im guten Einvernehmen ſtand.

Grant, *Joh. Müller*, *Valentin* wie *Blanchard* beſtätigten die Angaben von *Newport*, ohne daß ſich jedoch irgend einer derſelben dazu verſtand, die Frage experimentell in Angriff zu nehmen. Die erſten Verſuche ſtellte *Longet* an Palinurus quadricornis an. Nach *Longet* entſpringen von den Ganglien oder den interganglionären Cordons jederſeits drei Nervenwurzeln; bei Reizung der obern Wurzel gaben ſich keine Anzeichen von Schmerz zu erkennen, aber es erfolgten heftige locale Contractionen, während Reizung der beiden unteren Wurzeln nur ſehr ſchwache Bewegungen der davon direct innervirten Muskeln hervorrief, zugleich aber auch zu ſehr ſchwachen allgemeineren Bewegungen führte, die als Schmerzäußerungen gedeutet wurden. *Longet* legte dieſen Verſuchen keine größere Bedeutung bei; er weiſt darauf hin, daß die Trennung ſeiner beiden unteren Wurzeln durch eine Ganglienanſchwellung vorgetäuſcht ſein könne, und daß ſeine Verſuche ſomit nur die Beſtätigung der *Newport*'ſchen anatomiſchen Befunde enthielten.

Vulpian war der erſte, welcher die *Newport*'ſche Lehre auf Grund ſeiner Unterſuchungen bekämpfte. Er hatte ſich beim Flußkrebs überzeugt, daß von jedem Ganglion des Bauchſtranges rechts wie links zwei Nerven entſpringen, welche vom Anfange an einfach ſind und von denen keiner eine gangliöſe Anſchwellung beſitzt, welche der hintern Wurzel eines Spinalnerven bei Wirbelthieren irgendwie vergleichbar wäre. Die Urſprungsſtelle der beiden Nerven liegt im gleichen Niveau mit der der Verbindungsſtränge; der eine Nerv entſpringt etwas höher als der andere, aber beide ſind motoriſch und ſenſibel zugleich. Für die Connective gilt dasſelbe, und auch für die obere und untere Seite der Ganglien vermochte *Vulpian* keinerlei Unterſchiede in dem motoriſchen und ſenſibelen Verhalten aufzufinden. Die eingehenden Unterſuchungen von *Lemoine* und *Yung* beſtätigten in allen Punkten die Angaben *Vulpian*'s.

Yung wies nach, daß die von *Longet* dem Intervertebralganglion der Wirbelthiere verglichene Anſchwellung des unteren Nerven keine Ganglien enthält und nur eine inconſtante Verdickung des Verbindungsſtranges darſtellt. *Yung*'s zahlreiche Experimente an den Abdominal-, Thoracal- und den beiden Schlundganglien, welche an ihrer Oberſeite allemal die nämlichen zelligen Elemente wie an ihrer Unterſeite führen, ſeine Verſuche an den Connectiven und den peripher verlaufenden Nerven machen uns gewiß, daß die den beiden Nervenurſprüngen an der Ganglienkette ebenſo wie die der obern und untern Ganglienfläche zugeſchriebenen functionellen Unterſchiede rein illuſoriſche ſind.

Anders ſteht die Sache bei den Inſekten! Wir verdanken *Faivre* eine Fülle zuverläſſiger Unterſuchungen an Dytiscus marginalis, nach welchen die Verhältniſſe folgende ſind: Beim Opticus und den Antennennerven blieb *Faivre* im Ungewiſſen, ob erſterer nicht faſt inſenſibel und ob der innere ſehr ſenſibele Antennennerv nicht zugleich auch wie der äußere motoriſch iſt; aber die Fußnerven erwieſen ſich ausnahmslos als gemiſchter Natur und be-

kundeten an ihrer oberen Fläche keinen höheren Grad von Motilität oder von Senſibilität als an der unteren; aus Verſuchen, welche an dem Verbindungsſtrange zwiſchen dem Unterſchlund- und dem Prothoracalganglion ausgeführt wurden, ergab ſich für die Ganglienconnective ein gleiches Verhalten. Mit Ausnahme des oberen Schlundganglions, welches ähnlich der Großhirnrinde der Säugethiere nur an ſeiner unteren Seite ſchwach ſenſibel zu ſein ſcheint, und den Ganglien, welche die Urſprungs- (Ganglion frontale) reſp. die Ausgangsſtätte (Ganglion stomachale) für das ſtomatogaſtriſche Nervenſyſtem abgeben und mehr oder minder deutlich nur eine motoriſche Function verrathen, ſind ſämmtliche Ganglien des Bauchſtranges (Unterſchlund-, meta- und prothoracales Ganglion etc.) an ihrer unteren Fläche rein und in ausgeſprochenem Maaße ſenſibel, an ihrer oberen ausſchließlich motoriſch, während die mittleren und inneren Partieen derſelben beide Eigenſchaften in ſich vereinigen; ſelbſt bei dem Unterſchlundganglion, dem ſenſibelſten von allen, verliert ſich die ſenſibele Zone allmälig nach oben zu, indem die motoriſche dementſprechend langſam anwächſt. Am prothoracalen Ganglion gelang es *Faivre*, durch tiefes Abtragen der oberen Fläche, die Bewegungsfähigkeit der davon innervirten Gliedmaßen aufzuheben, und ebenſo durch oberflächliches Abtragen der unteren Seite des Ganglions deren Senſibilität zu vernichten. Wurden an dem Ganglion nicht nur die Ober- und Unterſeite, ſondern zugleich auch Seitenſtücke fortgenommen, ſo war die Nervenleitung zwiſchen Kopf und Schwanz in keiner Weiſe unterbrochen, ſondern nur die Gliedmaßen am Prothorax zeigten ſich empfindungs- und erregungslos. Entfernte *Faivre* die obere, beziehungsweiſe die untere Fläche des Ganglions nur an der rechten oder nur an der linken Hälfte, ſo trat lediglich an dem Beine der correſpondirenden Seite eine Lähmung der Motilität, reſp. ein Erlöſchen der Senſibilität auf; da die Muskeln aber oft noch auf einem andern Wege innervirt werden, ſo gelang es bei dieſen Verſuchen leichter,

das Verſchwinden der Empfindung als das des Contractionsvermögens zu beobachten.

Berückſichtigen wir die Verhältniſſe bei Batrachiern und Säugethieren, fernerhin die von *Moreau* entdeckte Thatſache, daß bei Fiſchen die ſenſibelen und motoriſchen Antheile der Rückenmarksnerven noch bis zu der Nervenendigung getrennt verharren, und endlich auch den Umſtand, daß bei den Inſekten die Theilung der Functionen in den nervöſen Centren ſchon zum Ausdruck gekommen iſt, ſo geben uns die Aufſchlüſſe *Faivre*'s über den einheitlich functionellen Bau der Verbindungsſtränge und der Fußnerven vielleicht einen leiſen Fingerzeig, daß ſich die motoriſchen und ſenſibelen Eigenſchaften erſt an den Ganglien, dann an den Nervenfaſern differenzirten, und daß die Selbſtändigkeit beider an den Nerven der höheren Vertebraten ſchließlich wieder erloſchen iſt.

Wir wenden uns jetzt dem zweiten Punkte unſerer Erörterungen zu, der die Localiſation der Functionen in anatomiſch ſcharf begrenzten Gangliengebieten zum Gegenſtande hat. Die Nervenphyſiologie der Krebse iſt in neuerer Zeit von *Yung* und *Ward* bearbeitet. *Yung* hat mehrere Brachiuren wie Macruren in den Kreis ſeiner Unterſuchungen hineingezogen, und ſeine Arbeit iſt hinſichtlich der Krebſe die vollſtändigſte, die wir haben. *Ward* experimentirte ausſchließlich am Flußkrebs, und ſeine Angaben beziehen ſich nur auf die Functionen der Schlundganglien, ſtehen aber in vielfachem, wenn auch nur, wie ich vermuthe, in ſcheinbarem Widerſpruche mit den *Yung*'ſchen Befunden. Beide Autoren ſind darüber einig, daß Durchkreuzungen von Nervenfaſern in keinem einzigen Ganglion, auch nicht im Oberſchlundganglion vorkommen, daß bei einſeitiger Verletzung der Ganglien die Verluſte ausſchließlich die correſpondirende Seite betreffen, und es mag darnach auch berechtigt erſcheinen, wenn *Yung* auf weniger ſchlagende Verſuche hin annimmt, daß in dem Oberſchlundganglion, welches mehrere Körperanhänge (Augenſtiele, Antennen) inner-

virt, jedes Organ ſein eigenes motoriſches und ſenſibeles Centrum beſitzt. Von den ſechs Schwanz- und den fünf Thoracalganglien (excl. das Unterſchlundganglion) functionirt jedes als einheitliches Reflexcentrum für das zugehörige Segment und ſeine Reflexwirkung ſteigert ſich, wenn die Ganglienkette vorn durchſchnitten wird und dadurch die Willensimpulſe ausgeſchaltet werden. Den hinteren Schwanzganglien und beſonders dem Analganglion liegt, wie Reizung des letzteren ergab, zugleich die Function ob, die Darmbewegungen auszulöſen und die Entleerung der Excremente zu beſorgen. Das untere Schlundganglion verhält ſich nach *Yung* nicht anders als die Schwanz- und Thoracalganglien; es verſieht die Rolle eines Reflexcentrums für die Kaufüße und ſoll weder Spontaneität noch eine coordinatoriſche Bedeutung für die Bewegungen beſitzen. *Ward* beobachtete indeß, daß nach Durchtrennung der beiden Schlundcommiſſuren ein in die Rückenlage verſetzter Krebs ſich zwar nicht zu erheben oder in die Normalſtellung zurückzukehren vermag, daß aber die Kaufüße, die Scheeren und die drei erſten Beinpaare noch in gleichem Tempo, alternirend, nicht ſynchron wie die Schwanzfüße, ſich hin- und herbewegten; dieſe rhythmiſchen Bewegungen verwandelten ſich ohne bemerkbare Urſache oder auf ſehr geringfügige Störungen in eigenthümlich freſſende und putzende. Auf ähnliche Erſcheinungen an enthirnten Krebſen lenkte *M. Foster* bereits die Aufmerkſamkeit von *Huxley*. Im Gegenſatze zu *Yung* betrachtet *Ward* das Unterſchlundganglion nicht nur als ein den Thoracal- und Abdominalganglien ebenbürtiges Reflexcentrum, ſondern auch als ein Centrum für die Coordination der Orts- und Freßbewegungen, ſowie der rhythmiſchen Schwingungen der Extremitäten; nach *Ward* ſteht das obere Schlundganglion dem Willen und der Erhaltung des Gleichgewichts vor und vermag in Folge deſſen auch die Reflexe in den übrigen Ganglien den Umſtänden gemäß abzuſchwächen oder in feſtere Bahnen zu lenken. Ich ſchließe mich um ſo mehr der *Ward*'ſchen Anſchauung an,

als auch *Yung* nach Durchſchneidung des linken Schlundſtranges geordnete Bewegungen an der operirten Seite fortbeſtehen ſah, den Effect einer beiderſeitigen Durchtrennung aber leider nicht abgewartet hat; es ſcheint mir zweifellos, daß ſich bei *Yung*'s Verſuchen die Unterſchlundganglien nicht unverletzt erhielten und ſeine Ergebniſſe nur deshalb nicht mit denen der übrigen Forſcher übereinſtimmen.

Während noch 1857 *Leydig* dem Gehirn der Wirbelloſen lediglich die Rolle des primus inter pares zuerkannte, ſo geht doch ſelbſt bei den Inſekten, wo die einzelnen Ganglien des Bauchſtranges die größte Unabhängigkeit von dem Oberſchlundganglion an den Tag legen, die Meinung aller Experimentatoren dahin, daß letzteres als der Sitz des Willens und der Direction der Bewegungen aufzufaſſen iſt. Ich will nicht entscheiden, ob *Faivre* ſich im Rechte befindet, wenn er bei Dytiscus das metathoracale Ganglion für ein Centrum anſieht, welches nicht nur die Schwimmfüße und die unteren Flügel beherrſcht, ſondern auch (indem die Abdominalganglien für die von ihnen ausgehenden Reſpirationsnerven nur Durchgangsſtationen ſind) ganz allein die Reſpirationsbewegungen auszulöſen, zu coordiniren und zu unterhalten hat, oder ob vielmehr *Baudelot* das Richtige getroffen, wenn er bei Libellen und Dytiscuslarven ein beſtimmtes Reſpirationscentrum in Abrede ſtellt und ſich ſämmtliche Abdominalganglien mit gleicher Stärke an den Athembewegungen betheiligen läßt[59]), — ſoviel ſteht außer Frage, daß die Coordinationscentren bei den Inſekten weit diffuſer vertheilt ſind als bei den Wirbelthieren und als auch bei den Krebſen. So richtet ſich z. B. eine auf den Rücken gelegte kopfloſe Biene ſofort wieder auf *(Döhnhoff)*, eine kopfloſe Blatta orientalis fährt fort zu laufen und ſich zu putzen *(Yerſin)*, und die Durchſchneidung des Bauchmarkes hat bei den Inſekten meiſt nur die Aufhebung eines Zuſammengehens der vorderen und der hinteren Körperhälfte zur Folge[60]).

In einer Vertheilung von Centren für eine lange Reihe zweckmäßiger Bewegungen auf Gehirn und Bauchmark des Bruſtſtückes

wie des Hinterleibes liegt immerhin ein auffallender Unterſchied zwiſchen Inſekten und höheren Wirbelthieren begründet; aber es fragt ſich gewiß noch ſehr, ob derſelbe für eine Allgemeinbetrachtung nicht nur von untergeordneter Bedeutung iſt. Ich bin der Meinung, daß von einer Coordination der Bewegungen, wie bei den Wirbelthieren, bei den Inſekten überhaupt keine Rede ſein kann, da bei dieſen die Reflexe an ſich ſchon in ſo hohem Maaße den Charakter des Coordinirten beſitzen. Einerſeits lehren die Gelenkverbindungen, daß die ausführbare Zahl der Bewegungen an den Inſektengliedmaßen nur eine ſehr beſchränkte iſt, und andererſeits die von *Luchſinger* ſtudirten Erſcheinungen der gekreuzten Reflexe bei Abweſenheit ſich kreuzender Faſern in den Ganglien, daß eine Reflexbewegung eine beſtimmte andere unabänderlich nach ſich zieht, wodurch jede beſondere Regulation dieſer Bewegungen, die keine willkürliche iſt, überflüſſig werden muß. Alle anderen Reflexcentren, deren Einfluß ſich nicht auf die Beinmuskeln miterſtreckt, wie z. B. das im Hinterleibe der Biene liegende für das Hervorſtoßen des Stachels und das bei Dytiscus im Ganglion frontale befindliche für den Schluckakt, finden in ihrer Unabhängigkeit von den Schlundganglien vollkommene Analoga auch bei den Wirbelthieren.

Wie bei den Säugethieren treten auch bei Arthropoden nach einſeitiger Verletzung der wichtigſten Centren ſog. Reitbahn- oder Rollbewegungen (vgl. S. 420) auf. Derartige Zwangsbewegungen ſind bei Arthropoden lange bekannt. *Yung* beobachtete ſie an Krebſen, bei denen ein Lobus des oberen Schlundganglions ausgeſchaltet oder zerſtört war; dieſe Thiere ſchwankten ſtets nach der verletzten Seite und drehten ſich im inverſen Sinne, z. B. bei Verletzung des linken Lobus von rechts nach links. Aehnliche Erſcheinungen beobachtete *Verſin* bei Inſekten nach Verletzung des untern Schlundganglions, und *Faivre*[61]) hat dieſe Störungen bei Dytiscus ſehr genau unterſucht. Nach einſeitiger Verletzung des

unteren Schlundganglions beobachtete er eine entgegengeſetzt verlaufende Rotation; war jedoch vor Ausführung dieſer Operation das obere Schlundganglion entfernt, ſo ſtellten ſich in Folge eines activen Zurückgehens der Beine an der verletzten Seite Manègebewegungen ein, welche nach Abtragung der Füße der entgegengeſetzten Seite fortfielen, dagegen nach Abſchneiden der Füße an der verletzten Seite repulſiven und conſtanten Rotationen Platz machten. Andauernde Manègebewegungen im inverſen Sinne traten regelmäßig auf, wenn ein Lobus des oberen Schlundganglions eine tiefere Verletzung erfahren hatte, und die Füße an der verletzten Seite amputirt worden waren; *Faivre* betrachtet dieſe Bewegungsſtörungen als charakteriſtiſch für eine einſeitige Verletzung des oberen Schlundganglions. Nach Exſtirpation eines Lobus des oberen Schlundganglions ſtellte ſich eine attractive Rotation im inverſen Sinne ein, die ebenfalls beſtehen blieb, wenn an der verletzten Seite die Füße abgetragen wurden; wiederholte oberflächliche Reizungen des einen Lobus dieſes Ganglions führten dagegen nur zu einer vorübergehenden gleichſinnigen Rotation. *Faivre* ſagt nun: Weil nach tiefer Schädigung oder Abtragung eines Lobus des oberen Schlundganglions das Vermögen die Richtung zu wechſeln bei Inſekten erliſcht, ſo folgt, daß das obere Schlundganglion der Sitz des Directionsvermögens iſt. Der Einfluß des unverletzten Lobus äußert ſich ſtets an den Gehfüßen derſelben, niemals an denen der entgegengeſetzten Seite, und jeder Lobus beſitzt die Fähigkeit, die Direction der Gangbewegungen an der entſprechenden Hälfte für ſich allein zu beſorgen. So erſcheint im Falle der oberflächlichen Reizung eines Lobus die attractive Rotation an der gleichen Körperſeite, nach tiefer gehender Verletzung des Lobus und gleichzeitiger Abtragung der correſpondirenden Gliedmaßen dagegen im inverſen Sinne.

Solange grob anatomiſche Befunde mit phyſiologiſchen Thatſachen vermengt wurden, blieb ein Vergleich des Bauchſtranges

der Articulaten mit Theilen des Nervenſyſtems höherer Thiere wiſſenſchaftlich unausführbar, und wir begegnen noch bis ins vorige Decennium hinein den abweichendſten Anſichten. *Reil*, *Ackermann*, *Bichat* ſowie die Naturphiloſophen hatten das Nervenſyſtem der Evertebraten dem großen Sympathicus der Wirbelthiere verglichen. Von *Scarpa*, *Blumenbach*, *Cuvier* und *Gall* war die Idee einer Analogie zwiſchen dieſen beiden Syſtemen aber wieder verworfen worden; ſie deuteten die Ganglienkette der Arthropoden als dem Cerebroſpinalſyſteme der Wirbelthiere entſprechend. *Meckel*, *Walther*, *Dugès* und *Leuret* ſtellten den nervöſen Apparat der Evertebraten nach Function und Structur dem Cerebroſpinalapparate plus dem großen Sympathicus der Vertebraten an die Seite, während *E. H. Weber* die Ganglienknoten der Wirbelloſen denjenigen Ganglien gleichſetzte, welche gewiſſen Hirnrückennerven der Wirbelthiere (z. B. den hinteren Rückenmarkswurzeln, dem Trigeminus) eigen ſind; nach *Treviranus* repräſentiren die Ganglienanſchwellungen der Evertebraten aber nicht nur jene letzterwähnten Ganglien der Wirbelthiere, ſondern außerdem auch noch das Rückenmark.

In der neueren Zeit betrachteten die meiſten Phyſiologen (ſo auch *Valpian* und *Longet*) das Bauchmark der Articulaten als analog dem Rückenmarke der Wirbelthiere und verglichen, wie einſt die Anatomen *Newport* und *v. Siebold*, das obere Schlundganglion dem Großhirn, das untere Schlundganglion nebſt den Schlundcommiſſuren dem Kleinhirn und verlängerten Marke. In den auffallend ſtarken gangliöſen Anſchwellungen des Rückenmarks, welche bei Fiſchen (Trigla, Orthagoriscus) vorkommen, vermuthete man, Anklänge an die Ganglienkette der Wirbelloſen gefunden zu haben; doch man vergaß dabei, daß jene Bildungen nur die Urſprungsſtätten ſtärkerer Nerven darſtellen und als ſolche den Intumescentien (Hals- und Lendenanſchwellung) am Rückenmarke der Wirbelthiere entſprechen, deren Schwund bei Verkümmerung der

Gliedmaßen (z. B. beider Anſchwellungen bei Schlangen, der Intumescentia lumbalis bei Cetaceen und Chirotes) in der Wirbelthierreihe gut zu verfolgen iſt.

Gegenbaur[62]) war der erſte, welcher die morphologiſchen Uebereinſtimmungen von den phyſiologiſchen ſcharf trennte und, indem er erſtere gegen einander kritiſch abwog, zu folgendem Schluſſe gelangte: «Wenn auch am Rückenmarke der Wirbelthiere eine Aehnlichkeit mit der Ganglienkette gegliederter Wirbelloſer nicht zu verkennen iſt, ſo kann doch das Rückenmark von dieſer keineswegs abgeleitet werden; vielmehr iſt das centrale Nervenſyſtem der Wirbelthiere als eine im hohen Maaße weiter entfaltete Ausbildung der oberen Schlundganglien wirbelloſer Thiere anzuſehen. Das wird durch die Uebereinſtimmung in der erſten Anlage begründet, die in beiden Fällen aus einer Differenzirung des dem Ektoderm homologen äußeren Keimblattes erfolgt. Während aber die daraus entſtehende Medullarplatte bei den Wirbelloſen ſich nicht in der ganzen Länge der Körperanlage ausdehnt, oder wenn auch anfänglich von ſolcher Länge, doch bald mit dem weiter wachſenden Körper nicht mehr gleichen Schritt hält, ſo findet bei der Wirbelthieranlage die Ausdehnung der Medullarplatte in einer dem Längenwachsthum der Anlage adäquaten Weiſe ſtatt und bedingt damit für das daraus entſtehende Centralnervenſyſtem eine der Geſammtlänge des Körpers entſprechende Ausdehnung.»

Unſere Aufgabe beſteht ausſchließlich darin, die analogen Verhältniſſe, unbekümmert um die Homologieen, ins Auge zu faſſen, und da geſtaltet ſich das Reſultat weſentlich anders als in der vergleichenden Anatomie. Rufen wir uns die aufgezählten Thatſachen ins Gedächtniß zurück, ſo haben wir bei den Echinodermen den Nervenring dem Coordinationscentrum des Wirbelthiergehirnes, nach *Steiner* alſo dem Mittelhirn zu analogiſiren, während die Ambulacralnerven bei der einen Speciesgruppe (z. B. bei Aſteracanthion) functionell den Reflexcentren des Rücken-

marks, bei anderen Vertretern (z. B. bei Echinus) aber, wo dieſelben mehr einfachen Nervenſträngen gleichen, den Rückenmarksnerven an die Seite geſtellt werden müſſen. Für die Krebſe ſchloſſen wir uns der Auffaſſung von *Ward* an und erachten demgemäß das obere Schlundganglion als analog dem Großhirn nebſt den angrenzenden Hirntheilen, das untere Schlundganglion als vergleichbar dem Mittelhirn, und das Bauchmark ſtellen wir in Parallele mit dem Rückenmark. Dieſe Verhältniſſe verwiſchten ſich bei den Inſekten inſofern, als bei dem oberen Schlundganglion nur auf Spontaneität und auf ein Directionsvermögen für die Gliedmaßenbewegungen zu ſchließen war und die Coordinationscentren ſich über die ganze Ganglienkette vertheilt fanden.

Es giebt eine Anzahl von Pflanzenſtoffen, welche an Wirbelthieren eine exceſſiv geſteigerte Reflexreizbarkeit des Rückenmarks, der Medulla oblongata und des Gehirns hervorbringen, und in Folge deren es bei einer Vergiftung mit dieſen Subſtanzen durch höchſt unbedeutende, oft gar nicht mehr nachweisbare Reize, welche das Auge, das Ohr und insbeſondere die Taſtwerkzeuge treffen, zu Reflexkrämpfen kommt. Nach dem am beſten und am längſten bekannten Repräſentanten dieſer Gruppe bezeichnet man dieſelbe als die des Strychnins. Die Strychninwirkung iſt an zahlreichen Vertretern aller Evertebratenklaſſen ſtudirt, und obſchon die Angaben der Autoren über den Erfolg derſelben ſehr verſchiedenartig lauteten, ſo wiſſen wir doch jetzt, daß ein echter Tetanus durch das Strychnin an keinem einzigen Wirbelloſen zu erzielen iſt. Dieſes Reſultat iſt den meiſten Unterſuchern ſehr unwahrſcheinlich vorgekommen, und ſie entſtellten deshalb ihre Beobachtungen in einer Weiſe, die jeden Unkundigen glauben machen mußte, daß die Strychninvergiftung bei Wirbelloſen ebenſo wie bei Wirbelthieren unausbleiblich einen Tetanus im Gefolge habe. Dem Strychnin gegenüber erweiſen ſich indeß ſchon mehrere Wirbelthiere (z. B. Hühner und Meerſchweinchen) als außerordentlich widerſtands-

fähig, und ich begreife deshalb die Sucht nicht, an Wirbellosen partout einen Strychnintetanus constatiren zu wollen, von dem hier einmal nirgends etwas zu sehen ist. An Echinodermen, Würmern, Krebsen und Mollusken beobachtet man bei einer Strychninvergiftung nur Lähmungserscheinungen; nur an Cephalopoden[63]), wo dieselben nachweislich auch periphere Ursachen haben, und an Medusen gelang es mir[64]), mich von einem Ueberempfindlichwerden der Reflexcentren bei der Strychninvergiftung zu überzeugen. Uns bestimmen diese Beobachtungen zu der Annahme, daß jener Hemmungsmechanismus, welcher am spinalen Reflexapparate der Wirbelthiere durch das Strychnin eine Ausschaltung erfährt, aber schon bei verschiedenen Species derselben sehr ungleich entwickelt ist, bei sämmtlichen Wirbellosen nicht in einem irgendwie entsprechenden Grade zur Ausbildung gelangt ist.

Die großartigsten Differenzen, welche Vertreter ein und desselben Typus in der Anlage ihrer nervösen Apparate constatiren lassen, treffen wir bei den Mollusken[65]) an. Das kann wahrlich nicht Wunder nehmen, da bei diesen die nervösen Centren in drei (Gehirn-, Fuß- und Eingeweideganglion der Lamellibranchiaten) resp. in vier (oberes Schlund-, Fuß-, Buccal- und Gastroösophagealganglion der Ctenophoren) paarweise oder selbst nur einfach angelegten Ganglienmassen concentrirt sind, welche ihrerseits durch reine Nervenfaserstränge mit den verschiedenartigsten Organen in Verbindung treten. Das grundverschiedene Verhalten einzelner Molluskenarten dem Curare[66]) gegenüber deutet das schon an.

J. Steiner, welcher an unseren einheimischen Landpulmonaten Curarevergiftungen zuerst erfolgreich ausführte, gelangte zu dem leicht zu bestätigenden Resultate, daß eine Helix pomatia nach Injection von $2\,^1/_2$ mg Curare ihre selbständigen Bewegungen momentan vollkommen einbüßt, während die Reflexthätigkeit die normale bleibt. Bei einigen Meerwassergastropoden (z. B. bei Aplysia, Doris) scheint die Wirkung ebenfalls wie bei unserer

Helix eine centrale zu ſein, aber dieſelbe ſtellt ſich lange nicht ſo plötzlich ein und bei anderen Formen, beſonders bei Lamellibranchiaten (Anodonta, Lithodomus, Mytilus, Arca), erhalten wir ſelbſt bei Anwendung großer Doſen von Curare nur ein ebenſo unbeſtimmtes Vergiftungsbild als bei den Krebſen. Bei Cephalopoden iſt kaum eine andere Giftwirkung ſo unſicher in ihren Erfolgen als die des Curare. Hiermit ſtehen die Ergebniſſe der Viviſectionsverſuche in vollem Einklange.

Als die zuverläſſigſte Arbeit über die Nervenphyſiologie der Pulmonaten iſt noch immer die von *Vulpian* anzuſehen, welche durch die widerſprechenden Angaben *H. v. Jhering*'s keine Einbuße an Anerkennung erfahren hat. Nach *Vulpian* kommt dem Gehirn- und dem untern Schlundganglion eine ſehr ungleiche Bedeutung für das Leben der Helix zu. Die Operation iſt in dem einen Falle durch Nebenumſtände nicht mehr gefährdet als in dem andern, aber trotzdem überlebt die Schnecke die Exſtirpation des untern Schlundganglions gewöhnlich nicht länger als 24 Stunden, die des Gehirnganglions dagegen 4—5 Wochen. Eine Helix, welche des untern Schlundganglions beraubt iſt, oder bei welcher dieſe Ganglien auch nur in der Medianlinie durchſchnitten ſind, benimmt ſich wie ein des Großhirns beraubtes Wirbelthier; ſie vollführt keine willkürliche Bewegungen und bleibt tief in ihrem Gehäuſe verborgen. Die electriſche Reizung übt ebenfalls an beiden Ganglien eine ſehr verſchiedene Wirkung aus; denn während ein Reiz, der das Gehirnganglion trifft, nur ſchwach beantwortet wird, löſt Reizung des untern Schlundganglions kräftige und allgemeine Contractionen aus. Einen mächtigeren Einfluß auf die reſpiratoriſchen Bewegungen ſcheint keines der beiden Ganglien zu beſitzen; nach Entfernung des Gehirns beſtehen dieſelben unverändert fort, und nach Exſtirpation des oberen und des unteren Schlundganglions verlaufen dieſelben nur geſchwächt und deshalb auch weniger normal.

Ueber die Function der einzelnen Ganglien bei den Lamellibranchiaten belehren uns gegenwärtig ganz allein die bereits S. 406 erwähnten Unterſuchungen von *Pawlow* an den Schließmuskeln großer Exemplare von Anodonta cygnea. Bei dieſer Muſchelſpecies liegt jederſeits unter dem Mantel und dem vorderen Schließmuskel benachbart ein Ganglion, die beiden ſog. vorderen Ganglien. Dieſe befinden ſich ſowohl unter ſich als auch mit dem hinteren, auf der Bauchſeite des hintern Schließmuskels gelegenen Ganglion in directer Nervenverbindung, und das hintere Ganglion iſt demnach mit jedem der beiden vorderen Ganglien durch Nerven (ſog. Verbindungsnerven) verbunden. Zu den Schließmuskeln gehen nun zwei Klaſſen von Nervenfaſern, die einen motoriſche, welche Verkürzung des Muskels veranlaſſen, die anderen, wie man heute noch ſagen würde, hemmende, welche den verkürzten Zuſtand des Muskels aufheben und Erſchlaffung desſelben herbeiführen. Die motoriſchen Nerven entſpringen für jeden der beiden Muskeln aus dem zunächſt gelegenen Ganglion; die hemmenden oder erſchlaffenden Faſern gehen insgeſammt aus den vorderen Ganglien hervor; ſie werden dem vorderen Schließmuskel durch die kurzen, ihm von den vorderen Ganglien zugeſandten Nervenſtämmchen, dem hinteren Schließmuskel durch die Verbindungsnerven zugeführt.

Das hintere Ganglion fungirt für den hintern Schließmuskel als motoriſches Centrum, die vorderen Ganglien ſpielen dieſelbe Rolle gegenüber den vorderen Schließmuskeln. Die motoriſchen Zellen der beiderſeitigen Ganglien können ſowohl von peripheriſchen Nervenfaſern (des Mantels, der Kiemen) als durch gewiſſe Faſern des Verbindungsnerven in Thätigkeit verſetzt werden. Die vorderen Ganglien ſind überdies im Stande, in beiden Schließmuskeln Erſchlaffung herbeizuführen. Bemerkt ſei noch, daß die Schließmuskeln ſelbſt nach ihrer Trennung von den zugehörigen Ganglien aus dem Zuſtande des Tonus in den der Erſchlaffung übergehen und aus dieſem in den Zuſtand des Tonus zurückkehren

können; aber beiderlei Veränderungen erfolgen an den ſich ſelbſt überlaſſenen Muskeln überaus langſam und erfordern Stunden.

Traten bei Inſekten die ſpecifiſchen Hirnverrichtungen den coordinirten Reflexen gegenüber dermaßen in den Hintergrund, daß man in dieſen Thieren reine Rückenmarkswesen vor ſich zu ſehen glaubte, ſo ſind hingegen bei den Mollusken die centralnervöſen Functionen derart localiſirt, daß man nur ſchwanken kann, den einen oder anderen Ganglіencomplex ſeiner phyſiologiſchen Dignität nach einem gewiſſen Hirntheile der Vertebraten als ebenbürtig zu erachten oder denſelben in die Klaſſe peripherer Centren zu verweiſen. An ein Analogon des Rückenmarks kann weder bei Gaſtropoden noch bei Lamellibranchiaten irgendwie gedacht werden.

Das Cerebrоſpinalſyſtem der Cephalopoden.

Die verdienſtvollen Arbeiten von *G. Colaſanti* laſſen die Verhältniſſe bei den Cephalopoden weſentlich anders erſcheinen. Hier finden ſich Nervenſtränge, welche dem Rückenmarke der Wirbelthiere nicht nur functionell entſprechen, ſondern auch in ihrer hiſtiologiſchen Anordnung ganz den Eindruck wie dieſes machen.

Wie uns *Vulpian* mittheilt, war ſchon von *Sharpey* beobachtet worden, daß in den Armen von Octopus zwei innig verwachſene Nervenſtämme verlaufen, von denen der eine in regelmäßigen Abſtänden Ganglienanſchwellungen führt, während der andere derſelben entbehrt. Aus dem Ganglien enthaltenden Faſerzuge ließ *Sharpey* die Nerven für die Saugnäpfe der Arme hervorgehen, während aus dem andern Strange die für die Muskeln beſtimmten Faſern entſpringen ſollten. Ohne *Sharpey*'s Arbeit zu kennen, ſtellten *Chérom*, *Owsjannikow* und *Kowalevsky* über denſelben Gegenſtand Beobachtungen an und gelangten zu derſelben Auffaſſung wie jener. Erſt *Colaſanti*, welcher den Armnerven einer genaueren mikroſkopiſchen Prüfung unterwarf, zeigte, daß die Vorſtellung *Sharpey*'s und aller übrigen Autoren von einem auf die Anſchwellungen beſchränkten Vorkommen der Nervenzellen eine durchaus irrige iſt, daß vielmehr der Nerv des Cephalopodenarmes in ſeiner

ganzen Länge, von der Baſis bis zur Spitze des Armes, Ganglienzellen enthält und zwar in einer durchaus beſtimmten Anordnung, die ſich auf jedem einzelnen Querſchnitte in identiſcher Weiſe und mit gleicher Regelmäßigkeit reproducirt, wie das bekannte ſchräge Kreuz auf dem Querſchnitte des Rückenmarks der Wirbelthiere. Die Centralnerven der Arme haben mit peripheriſchen Nervenfaſern demnach nichts gemeinſam, ſie gehören den nervöſen Centralorganen zu und werden daher wohl zweckmäßig als die «nervöſe Axe» bezeichnet.

Betrachtet man das Querſchnittsbild eines ſolchen Armnerven, ſo tritt ſowohl in der bilateralen Symmetrie, zu welcher die von der in einer medianen Längsfurche der nervöſen Axe eingebetteten Arteria brachialis ausgehende Raphe Veranlaſſung giebt, als auch in der Conſtanz des Bildes auf allen möglichen Querſchnitten eine überraſchende Aehnlichkeit zwiſchen dieſer Bildung und dem Rückenmarke der Wirbelthiere hervor. Dieſe Uebereinſtimmung gewinnt noch an Bedeutung dadurch, daß ganz wie im Rückenmarke ſo auch in der nervöſen Axe das identiſche Bild bedingt wird durch eine beſtimmte Abwechſelung und Configuration von zwei Subſtanzen, die ohne den geringſten Zwang als graue und weiße bezeichnet werden können, da die erſte ganz wie die des Rückenmarks ausſchließlich aus Ganglienzellen und molekulärer Maſſe, die zweite ebenſo ausſchließlich aus Nervenfaſern beſteht, die ganz ebenſo quer durchſchnitten erſcheinen wie die weißen Stränge des Rückenmarks.

Dieſes ſtets wiederkehrende Querſchnittsbild der nervöſen Axe, welches zuerſt, wenn auch ungenau, von *Chéron* beſchrieben und abgebildet wurde, iſt allerdings dem Querſchnitte des Rückenmarks einigermaßen unähnlich. In der nervöſen Axe umgiebt nicht eine Schale weißer Subſtanz den grauen Kern, ſondern beide Subſtanzen erſcheinen auf dem Querſchnitt neben einander gelagert. Die weiße Subſtanz beſteht aus zwei ſymmetriſchen Strängen von

rundlichem Querſchnitt, welche den der Außenfläche des Armes zunächſt liegenden Theil der nervöſen Axe einnehmen. Die graue Subſtanz liegt der Innenſeite des Armes näher; ſie zerfällt in einen Ganglienzellen-haltigen und in einen Ganglienzellen-freien Theil, welcher letztere in ſeinem mikroſkopiſchen Ausſehen die größte Aehnlichkeit mit der molekulären Außenſchicht der Kleinhirnrinde zeigt. Das Verhältniß dieſer beiden Theile der grauen Subſtanz iſt ein durchaus conſtantes, indem die Ganglienzellenſchicht die molekuläre Maſſe von außen in Hufeiſenform umgiebt.

Die intereſſanteſten Uebereinſtimmungen zwiſchen der nervöſen Axe und dem Rückenmark ergeben ſich aber erſt aus einer Betrachtung der einzelnen Querſchnittsbilder; denn hier zeigt ſich, daß in beiden Fällen die abändernden Factoren ganz die gleichen ſind. Am Cephalopodenarme erklärt ſich die abwechſelnde Dicke des Nervenarmes unſchwer daraus, daß in den Einſchnürungen die graue Subſtanz allein für die Muskulatur und Haut des Armes die Nervenwurzeln herzugeben hat, während in den Anſchwellungen noch die ſenſitiven und motoriſchen Nerven für die Saugnäpfe hinzukommen, und der allmälige Schwund der weißen Subſtanz von der Baſis bis zur Spitze des Armes hat offenbar nur darin ſeinen Grund, daß je weiter man gegen das Ende vordringt, der durch die weiße Subſtanz mit den höheren Nervencentren in Verbindung ſtehende Körpertheil beſtändig kleiner wird und ein beſtändig geringer werdendes Nervengebiet in der weißen Subſtanz repräſentirt zu werden braucht.

Giebt ſich in dieſen, den anatomiſchen Bau modificirenden Momenten eine vollkommene Analogie zwiſchen der nervöſen Axe und dem Rückenmark zu erkennen, ſo muß es andererſeits doch auffallen, daß die graue Subſtanz an der Spitze des Cephalopodenarmes quantitativ ebenſo mächtig entwickelt iſt als an der Baſis, während die dünne Armſpitze viel weniger Nerven zu ihrer Verſorgung brauchen ſollte als die ſtarke Baſis. Indeſſen iſt es

nicht ſchwer, eine ausreichende Erklärung für dieſen ſcheinbaren Widerſpruch zu finden: offenbar hat die dünne Armſpitze eine ganz andere Function als die ſtarke Baſis; ſie iſt vorzugsweiſe Taſtorgan, während die mechaniſchen Leiſtungen des Armes ausſchließlich in der muskelkräftigen Baſis ihren Sitz haben. Wenn daher auch die Spitze des Armes ſehr viel weniger motoriſche Nervenfaſern verbraucht, ſo hat ſie dafür deſto mehr ſenſitive nöthig, und es begreift ſich leicht, daß der Ueberſchuß an letzteren den Ausfall an erſteren vollkommen compenſiren kann. Offenbar mit dieſem Verhältniß hängt die charakteriſtiſche Verſchiedenheit der Armſpitze von denen der Baſis zuſammen. Die zelligen Elemente der erſteren ſind faſt durchweg äußerſt klein, und ihr Enſemble hat ſehr große Aehnlichkeit mit der Körnerſchicht des Kleinhirns oder der Retina. An der Baſis hingegen finden ſich vorzugsweiſe große Ganglienzellen mit deutlichem Kern. Es ſcheint alſo, als ob auch innerhalb des Molluskentypus dasſelbe Verhältniß ſtattfindet wie bei den Wirbelthieren, daß nämlich die ſenſibelen Zellen ſtets kleiner gebildet ſind wie die Urſprungszellen der centrifugalen Nervenfaſern.

Während die nervöſe Axe, als nervöſes Centralorgan betrachtet, mehrere höchſt bemerkenswerthe anatomiſche Uebereinſtimmungen mit dem Rückenmarke zeigt, fehlen ſolche durchaus für die von ihr ausgehenden Nerven, für welche ſich keinerlei derartige Beziehungen mit den Rückenmarksnerven nachweiſen laſſen. Die peripheriſchen Nerven entſpringen von der nervöſen Axe während ihres ganzen Verlaufes, reichlicher von den Anſchwellungen, aber auch von den Einſchnürungen. Ihre Urſprungsweiſe iſt ſehr inconſtant: das einzige conſtante Factum iſt, daß ſie ſtets aus dem molekularen Theile der grauen Subſtanz hervorgehen und daher, um an die Oberfläche der nervöſen Axe zu gelangen, die Ganglienzellenſchicht durchſetzen. Von einem Entſpringen mit geſonderten Wurzeln wie im Rückenmark iſt niemals etwas zu ſehen, wie überhaupt auf den Querſchnitten der nervöſen Axe nichts von einer

Scheidung oder Localiſirung der motoriſchen und ſenſibelen anatomiſchen Elemente nachzuweiſen iſt. Ja, es ſcheint in Bezug auf Anzahl und Modus der Nervenurſprünge nicht einmal auf beiden ſonſt bilateral ſymmetriſchen Seiten der nervöſen Axe eine Uebereinſtimmung vorzuliegen.

Dieſer hochorganiſirten Natur der nervöſen Axe entſpricht in allen Punkten die phyſiologiſche Selbſtändigkeit des Cephalopodenarmes, welche allemal weit bedeutender iſt als an irgend einem abgetrennten Körpertheile des zählebigſten Wirbelthieres. Bei einigen Cephalopoden (Tremoctopus violaceus, Philonexis Carenae und Argonauta argo) vermag ſogar ein abgelöſter Arm als ſelbſtändiger Begattungsapparat zu functioniren und wurde als ſolcher von *Delle Chiaje*, von *Cuvier*, ja ſelbſt noch von *Kölliker* für ein volles Individuum, für einen Eingeweidewurm (Hectocotylus octopodis *Cuvier*) oder für einen vollſtändigen männlichen Cephalopoden (Tremoctopus violaceus *Kölliker*) gehalten. Ein ſolcher Arm ladet ſich mit den merkwürdigen Samenpatronen, löſt ſich von dem Thiere los und begiebt ſich dann ſelbſtändig auf die Frei.

Bei electriſcher Reizung der nervöſen Axe erhielt *Colaſanti* Bewegungen des Armes, Action der Saugnäpfe und Farbenveränderung der Haut, doch war — da es nicht gelang, die Reizung, wie es das Thier vermag, auf einzelne Faſern zu beſchränken, und auch die von den weißen Strängen erſt nach Durchſetzung von grauer Subſtanz und von Ganglienzellen beſorgte Innervation der Muskeln des Armes, der Saugnäpfe oder der Haut den Verſuchen wenig günſtig ſich erwies, — kein conſtantes Reſultat zu erzielen. In der Thatſache, daß die Bewegungen des Haft- und Saugraumes an den Saugnäpfchen nach ihrer Lostrennung vom Arme oder nach völliger Zerſtörung der centralen Axe noch in der normalen Weiſe, wenn auch mit ſehr verminderter Energie von Statten gehen, ſieht *Colaſanti* keine Reflexaction, ſondern den Ausdruck für eine directe

Erregbarkeit der Muskeln, wie ſolche ebenfalls von *Engelmann*[67]) für den Ureter und von *Cohnheim*[68]) für die Arterienmuskulatur angenommen iſt.

Weit ſparſamer fließen die Thatſachen, wenn wir bei den Cephalopoden nach den Functionen der einzelnen Hirnabſchnitte fragen; nur Verſuche von *Klemenſiewicz* geben uns hierüber einen etwas näheren Aufſchluß.

Die Nervenmaſſe des Cephalopodengehirns beſteht aus grauer und weißer Subßanz, von welchen erſtere als die Rindenſubſtanz aufgefaßt werden kann; dieſe iſt entweder von großzelliger Beſchaffenheit (Rinde des untern Halbringes, des Ganglion pedunculi, des untern Theiles des Gangl. cerebrale und die um dem Oeſophagus liegende ringförmige Maſſe von grauer Subſtanz) und färbt ſich alsdann mit Pikrocarmin wie mit Blauholzextract nur ſchwach, oder ſie iſt, ähnlich der Körnerſchicht des menſchlichen Kleinhirns, kleinzellig (graue Subſtanz des Gangl. opticum und des oberen Knoten des oberen Schlundrings [«Calotte» oder Haube *Chéron*'s]) und nimmt in dieſem Falle durch Pikrocarmin eine dunkelrothe, durch Blauholzextract eine dunkelblaue Färbung an. In der weißen Subſtanz ſind eine große Anzahl von Faſerzügen vorhanden, welche in den mannigfachſten Richtungen verlaufen und ſich durchkreuzen. So ſind z. B. durch die aus den Pedunculis ausſtrahlenden Faſern die Gangl. optica und möglicherweiſe auch die Gangl. pedunculi nicht nur unter ſich, ſondern auch mit dem oberen und unteren Theile des Schlundrings in Verbindung, deren einzelne Knoten wieder durch Faſerzüge zuſammenhängen; aus den letzteren, den Knoten des unteren Halbringes, gehen aber in großer Menge die Nervenſtämme zu den verſchiedenen Körpertheilen ab.

Dieſen anatomiſchen Verhältniſſen entſprechen die Erfolge der phyſiologiſchen Verſuche. Die electriſche Reizung der kleinzelligen grauen Subſtanz, der Haube, ruft weder Bewegungen an den Körpermuskeln, noch eine Verdunklung der Haut hervor: Ver-

änderungen, welche ſofort erfolgen, wenn das Ganglion pedale, die hintere Partie des Ganglion cerebrale, oder wenn die unmittelbar unter dem Ganglion cerebrale und dem Oeſophagus liegenden Theile des Schlundringes gereizt werden. Setzt man die Electroden auf das Ganglion opticum, auf einen Pedunculus oder je eine Electrode auf je einen Pedunculus, ſo erfolgt wohl eine Extenſion der Chromatophoren und in Folge deſſen eine Dunkelfärbung der Oberfläche, aber keine Contraction der Haut- und der Körpermuskulatur. Werden die Reizungen an den Pedunculis oder den Ganglien des Opticus einſeitig ausgeführt, ſo bleibt der Effect nur bei ſchwachen Reizſtärken auf die entſprechende Körperſeite beſchränkt, auf ſtärkere Reize reagiren (wegen der mannigfach ſich durchkreuzenden Faſerzüge) die Chromatophoren und die Muskeln beider Körperhälften. Ein hinter den Pedunculis und mit dieſen parallel laufender Transverſalſchnitt durch den Schlundring ſcheidet das Thier in zwei getrennt innervirte Körperſtücke, in ein vorderes mit Tentakeln, Kopf und Trichter, und in ein hinteres, deſſen Wirkungsſphäre von einer Reizung der Pedunculi und der Ganglia optica unabhängig geworden iſt. Aehnliches läßt ſich auch durch Anlegung eines analogen vorderen Querſchnittes für die vordere Körperhälfte oder mittelſt Durchtrennung der Baſis eines Fangarmes für einen ſolchen erreichen.

Alle Autoren *(Bert, Klemenſiewicz, Fredericq)* ſind darin einig, daß das obere Schlundganglion der Cephalopoden dem Großhirn der Vertebraten entſprechend functionirt, während das untere Schlundganglion motoriſche Centren für die Athmung und für die Chromatophorenmuskeln, und Reflexcentren für die Bewegungen verſchiedener Körpermuskeln enthält. *Bert* ſagt von Sepia, *Fredericq* von Octopus, daß ſich der des oberen Schlundganglions beraubte Cephalopode wie eine des Großhirns beraubte Taube benimmt; die Athmung, die Circulation und die meiſten übrigen Functionen vollziehen ſich wie normal, aber das Thier

verhält ſich vollſtändig paſſiv, es führt keine willkürlichen Bewegungen aus und rührt ſich, wenn es kein äußerer Anſtoß zwingt, überhaupt nicht von der Stelle.

An der hinteren Fläche des unteren Schlundganglions entſpringen paarig je zwei größere Nervenſtämme, der große Eingeweidenerv und der Mantelnerv, von welchen ſich letzterer an das Ganglion stellare begiebt. An dieſen Nerven iſt von *P. Bert*, *Chéron* und *Fredericq* experimentirt worden; letztere beiden Forſcher haben aber die Angaben *Bert*'s nur beſtätigen und denſelben nur wenig Neues hinzufügen können. Es ergab ſich, daß beide Nervenpaare motoriſch wie ſenſibel ſind und in näherer Beziehung zu der Athmung ſtehen. Nach *Fredericq* werden die Reſpirationsbewegungen, welche bekanntlich vorzugsweiſe in rhythmiſchen Contractionen des Mantels beſtehen, ausſchließlich auf reflectoriſchem Wege ausgelöſt und zwar durch Erregungen, welche von den großen Eingeweidenerven centripetal dem Unterſchlundganglion zugeführt und hier auf die Mantelnerven als motoriſche übertragen werden. Nach Durchſchneidung der beiden Visceralnerven ſtehen die Athembewegungen ſofort ſtill und nur energiſche Erregungen anderer ſenſibeler Nerven (der Haut, der Arme, des Kopfes u. ſ. w.) löſen alsdann noch kurz andauernde Reſpirationen aus, während jeder Reiz, welcher das centrale Ende eines der beiden durchſchnittenen Visceralnerven trifft, durch eine Reihe rhythmiſcher Reſpirationsbewegungen beantwortet wird. Durchſchneidung der Mantelnerven vernichtet lediglich die reſpiratoriſchen Bewegungen der beiden Kiemenſäcke, von welchen ein jeder von dem Mantelnerven der zugehörigen Seite verſorgt wird, nicht aber die Contractionen des Trichters und ſeiner Seitenklappen. Ferner verſehen die Visceralnerven bei den Pulſationen der Herzen und der großen Gefäße die nämliche Rolle als der Vagus am Herzen der Wirbelthiere, allein mit dem Unterſchiede, daß die Wirkung eines jeden Visceralnerven ſich auf die geſammten Kreislaufsorgane erſtreckt

und nicht nur die Contractionen an den Gefäßen der entſprechenden Körperhälfte beeinflußt; eine Durchſchneidung oder eine periphere Reizung beider Nerven hat natürlich eine energiſchere Wirkung zur Folge, als wenn es ſich dabei nur um einen der Nerven handelt. Entſprechend dem herangezogenen Vergleiche mit der Vaguswirkung auf das Wirbelthierherz führt die Durchſchneidung beider Eingeweidenerven eine ſchwache Beſchleunigung der Herzſchläge herbei, während eine electriſche Reizung der peripheren Nervenenden, je nach der Stärke, die arteriellen wie die Kiemenherzen langſamer ſchlagen macht oder ganz zum Stillſtande bringt. Sicher iſt ſchließlich noch, daß beim Abtragen des geſammten Schlundringes, bei Durchſchneidung der Mantelnerven oder bei Ausrottung der Sternalganglien, bei Operationen alſo, welche die Athembewegungen ſofort ſiſtiren, die Herzſchläge keine Verlangſamung erfahren. *Fredericq* hat auch angegeben, daß mit der großen Hohlvene auf die Herzbewegungen beſchleunigend wirkende Nervenfaſern verlaufen, doch ſcheint es ſich bei ſeinen Verſuchen eher um eine directe Reizung der Gefäße als um eine nervöſe Leitung gehandelt zu haben.

Die Wirkungsweiſe der Mantel- und Visceralnerven bei den Cephalopoden, deren Beſprechung von der der Leiſtungen der Centralorgane nicht gut zu trennen war, führt uns unmittelbar zu dem dritten Theile unſerer Aufgabe, zu dem Verſuche einer vergleichenden Phyſiologie der Innervationsverhältniſſe der vegetativen Apparate. Mit Ausſicht auf Erfolg läßt ſich eine vergleichende Betrachtung der nervöſen Erregungen zur Zeit aber nur an zweien dieſer Apparate unternehmen, an denen der Circulation und an denen des Farbenwechſels.

Unſerm Vorſatze getreu, daß die Innervationsverhältniſſe bei den höheren Thieren uns als Richtſchnur bei den Wirbelloſen zu dienen haben, wenden wir uns vorerſt nochmals den Wirbelthieren zu und unterſuchen, wie ſich bei dieſen die Nervenverbindung der

einzelnen Organe mit dem Centralnervenſyſteme geſtaltet. Werden die Erfahrungen an den Wirbelthieren uns auch verhältnißmäßig Weniges bieten, welches ſich ſchon gegenwärtig im vergleichend phyſiologiſchem Sinne weiter verwerthen läßt, ſo ſchaffen wir uns damit doch einen feſten Boden, auf dem erſprießlich weiter zu bauen iſt, und auf dem ſpeciell die Eigenthümlichkeiten der Athem-innervation bei Inſekten wie Cephalopoden klarer hervortreten werden, als es bei einer einfachen Erörterung derſelben möglich war. Unterſuchen wir alſo zunächſt, wie die Reſpirationserſcheinungen bei den Wirbelthieren vom Nervenſyſteme ausgelöſt und regulirt werden.

Innervationsverhältniſſe der vegetativen Organe bei den Wirbelthieren.

Die Innervation der Athembewegungen iſt am genaueſten beim Kaninchen unterſucht, und wir wiſſen ſchon (S. 421), daß das eigentliche Athemcentrum, doppelt und ſymmetriſch angelegt, in der Medulla oblongata wurzelt, hier ſich aber jedenfalls nicht auf eine ſo punktförmige Stelle beſchränkt, wie anfangs *Flourens* annahm, ſondern bis in den Anfangstheil des Rückenmarks hinabreicht. - Dieſes Centrum iſt ein automatiſches oder autochthones (d. h. ein an Ort und Stelle und nicht durch Vermittlung einer nervöſen Leitungsbahn erregtes), welches ſeine normalen Erregungen von dem umſpülenden Blute aus in genau derſelben Weiſe wie das excitomotoriſche Centrum des Herzens empfängt, und deſſen Thätigkeit ſich mit dem Sauerſtoffgehalte des Blutes ändert. Die Erregungen dieſes Centrums äußern ſich hauptſächlich in rhythmiſchen Bewegungen, welche durch Vermittlung des Phrenicus am Zwerchfell ausgelöſt werden; gleichzeitig jedoch auch in abwechſelnden Zuſammenziehungen und Erſchlaffungen der theils inſpiratoriſch wie das Zwerchfell, theils aber auch exſpiratoriſch wirkenden Zwiſchenrippenmuskeln. Der rhythmiſche Charakter dieſer Bewegungen iſt uns in ſeinem Zuſtandekommen ebenſo dunkel als der der Herzſchläge und die Einrichtung des automatiſchen Athemcentrums nicht weniger complicirt als die des excitomotoriſchen

Herzcentrums; zum Unterſchiede von dieſem ſteht erſteres aber unter directer Herrſchaft zweier verſchiedener Nervenfaſern, von denen die einen die Wirkung des Phrenicus ſteigern, während die anderen dieſelbe abſchwächen oder unterdrücken. Da es vornehmlich im Vagusſtamme verlaufende Leitungsbahnen ſind, welche dieſes Centrum beeinflußen, hat man dasſelbe auch als Vaguscentrum bezeichnet.

Die Durchſchneidung eines Vagus führt keine Veränderung der Athemzüge herbei, dagegen vertiefen ſich dieſelben und nehmen zugleich an Zahl ab, wenn beide Vagi durchſchnitten ſind; eine ſchwache electriſche Reizung des centralen Endes eines oder beider Nerven führt alsdann eine Erhöhung der geſunkenen Athemzahl bis zur Norm, ſtarke Reizung aber einen inſpiratoriſchen Stillſtand herbei. *Roſenthal*, welcher ermittelte, daß die in der Zeiteinheit geleiſtete Arbeit des Athmungsapparates nach der Vagidurchſchneidung unverändert bleibt, nimmt auf jene Erfahrungen hin an, daß die normale Athmung durch ſtändige Erregungen, welche dem Centrum auf der Bahn der Vagi zufließen, regulirt wird, indem die autochthonen Reize des Centrums durch die ſchwachen, aber oft erfolgenden Reizungen von Seiten der Vagi zur Abgleichung gebracht werden. Mag es ſich hiermit verhalten, wie es wolle, ſicherlich verlaufen im Vagusſtamme inſpiratoriſche wie exſpiratoriſche Faſern, von welchen letztere gleichzeitig einen hemmenden Einfluß auf den Phrenicus ausüben und bei ausgedehnter, erſtere dagegen bei collabirter Lunge in Thätigkeit treten. So erklärt ſich die Selbſtſteuerung der Athmung durch den Nervus vagus. Beſchleunigend und inſpiratoriſch wie die eine Gattung der Vagusfaſern wirken auch der Opticus, der Acuſticus *(Chriſtiani)* und mehrere ſenſibele Nerven auf die Athmung ein, während z. B. der Trigeminus mit der andern Art der Vagusfaſern die exſpiratoriſche Wirkung theilt.

Bei erſchwerter Athmung oder Athemnoth, bei jenem Zu-

ſtande, welchen die Kliniker als Dyspnoe bezeichnen, macht ſich neben dem eigentlichen Athemcentrum noch die Gegenwart acceſſoriſcher Reflexcentren geltend, indem ſich nun auch die Intercoſtalmuskeln, ja ſelbſt die Bauchmuskeln in hervorragenderer Weiſe an der In- und Exſpiration mitbetheiligen. Außer bei der Dyspnoe giebt ſich die Anweſenheit der Hülfscentren, von welchen wir ein in- und ein exſpiratoriſches unterſcheiden, beſonders noch bei Reizung der Nervi laryngei superiores zu erkennen. Dieſe Nerven befinden ſich für gewöhnlich in keinem Erregungszuſtande, und ſo hat die Durchſchneidung eines oder beider Stränge nur ſehr geringfügige oder auch wohl gar keine Aenderungen der Athembewegungen zur Folge; reizt man aber einen vom Kehlkopf abgelöſten Laryngeus superior-Nerven an ſeinem centralen Ende mit electriſchen Inductionsſtrömen, ſo ſieht man bei ſchwacher Reizung Verlangſamung der Athembewegungen, bei ſtärkerer Reizung abſoluten Stillſtand ſämmtlicher vom automatiſchen Centrum innervirten Reſpirationsmuskeln zu Stande kommen, und ſchließlich bei noch ſtärkerer Reizung die acceſſoriſchen Exſpirationsmuskeln in Tetanus verſetzt, die acceſſoriſchen Inſpirationsmuskeln dagegen gelähmt werden. Letztere Erſcheinungen ſpielen ſich ſomit an den acceſſoriſchen Reflexcentren ab, während erſtere auf Hemmungen der automatiſchen Erregungen des Phrenicus zu beziehen ſind.

Manche Aehnlichkeit mit der Innervation des eigentlichen Athmungscentrums zeigt die nervöſe Beeinfluſſung des excitomotoriſchen Centrums im Herzen. Auch auf dieſes wirken zwei verſchieden functionirende Nervenfaſern (hemmende und beſchleunigende) ein, welche aber, wie die Unabhängigkeit der Wirkungen beider Faſergattungen *(Bowditch, Baxt)* anzeigt, erſt mittelbar in den Mechanismus des automatiſchen Herzcentrums eingreifen, indem ſie zwei mit dieſem verbundene ſecundäre Herzcentren (das Vagus- oder Hemmungscentrum und das acceleratoriſche oder Beſchleunigungscentrum) direct beeinfluſſen. Die Wirkungen der-

Herzgifte, welche dieſe Verhältniſſe ſchlagend illuſtriren, ſind von mir an einem andern Orte[69]) ausführlich behandelt; hier betrachten wir deshalb nur die Reſultate der Durchſchneidungs- und Reizverſuche an den für die Herzbewegungen wichtigeren Nerven.

Unter Mitberückſichtigung der Beeinfluſſung der Gefäße durch das Nervenſyſtem gelangen wir zur Annahme von vier cerebroſpinalen Centren, eines Vagus- und eines acceleratoriſchen Centrums, eines Depreſſor- und eines vaſomotoriſchen Centrums, von welchen die beiden erſteren ihren ausſchließlichen Sitz in der Medulla oblongata haben, während Repräſentanten der beiden letzteren auch noch im Rückenmarke anzutreffen ſind. Der Einfluß der Vagusfaſern auf's Herz iſt ein mehrfacher; es hängt davon ab, was für Faſern und in welcher Richtung (ob central oder peripher) dieſelben erregt werden. Den hauptſächlichſten Einfluß auf das Herz äußert der Vagus ohne Frage durch die Hemmungsfaſern, welche ihm vom Accessorius zugeführt werden, und welche ſich nach Durchſchneidung beider Vagi auf Reizung des peripheren Stumpfes eines oder beider Nerven in einem diaſtoliſchen Stillſtande des Herzens zu erkennen geben *(E. H. Weber)*. Auf dieſe im Vagusſtamme verlaufenden Hemmungsnerven haben peripher erregbare Faſerzüge, welche im Bauchſympathicus *(Aſp; Goltz'*ſcher Klopfverſuch), im Depreſſor *(Ludwig* und *Cyon, Stelling* und *Roever)*, ja im Halsvagus ſelbſt *(Aubert* und *Roever)* wie in vielen anderen ſenſibelen Nerven (Iſchiadicus, Brachialis, Rückenmarks- und Hautnerven *[Lovén]*) verlaufen, einen reflectoriſch erregenden Einfluß, der aber ſelbſtverſtändlich nur bei wenigſtens einem unverſehrten Vagus in Verminderung der Pulsfrequenz und Ausſetzen des Herzſchlages zum Ausdruck kommen kann. Außer dieſen central verlaufenden Nervenbahnen wirken nach *Hering* periphere Reizungen des Lungenvagus auf das Vaguscentrum in der Medulla ein; wird dieſer Nerv bei erhaltenen Vagi durch die ausgedehnte oder mit Kohlenſäure gefüllte Lunge in den Erregungszuſtand verſetzt, ſo tritt indeß keine

Verlangſamung der Herzſchläge, ſondern weil die Hemmungsfaſern dadurch vom Centrum aus mehr oder weniger in ihrer Function geſchwächt werden, eine bedeutende Beſchleunigung der Herzſchläge ein.

Neben den hemmenden und ſenſibelen Faſern ziehen mit dem Halsſtamme des Vagus vereint auch beſchleunigende Faſern zum Herzen hin, deren Einfluß beſonders dann deutlich wird, wenn die hemmende Wirkung durch eine Atropin- *(Schiff)* oder Nicotinvergiftung *(Truhart* und *Schmiedeberg)* ausgeſchaltet iſt. Dieſe Beſchleunigungsfaſern begeben ſich vom Rückenmarke zum Ganglion thoracicum primum, gehen erſt von hier zum Ganglion cervicale inferius und zum Vagus über, und ihre Reizung auf den Zwiſchenſtrecken bringt eine Beſchleunigung der Herzpulſationen mit ſich, welche, ohne durch eine Veränderung im Blutdruck anderweitig complicirt zu ſein, 30—70% betragen kann. Man bezeichnet dieſe im Vagusſtamme mitenthaltenen accelerirenden Faſern kurz als Nervus accelerans und ſah eine reflectoriſche Erregung derſelben nach Reizung des centralen Stumpfes des Halsſympathicus *(Roever)*, welcher die bezüglichen Faſern wahrſcheinlich aus den Herznerven empfängt, wie auch nach Reizung ſenſibeler Muskelnerven *(Aſp)* erfolgen.

Wie ſchon jetzt das reiche Beobachtungsmaterial zu ſchließen erlaubt, erfahren die vorgetragenen Verhältniſſe bei verſchiedenen Wirbelthieren oft nicht unbeträchtliche Abänderungen, indem z. B. bei Durchſchneidung beider Vagi die Frequenzzunahme der Herzſchläge bei Vögeln gewöhnlich weit länger anhält *(Einbrodt, Eichhorſt)* als bei Säugethieren, und bei Fröſchen ganz ausbleiben kann, der Vagusſtillſtand bei Säugethieren die Dauer einer Minute nicht überſchreitet, bei Tropidonotus natrix aber ſich bisweilen über eine Stunde ausdehnt *(A. B. Meyer)* und die Hemmungsfaſern auf beide Vagi bei Emys lutaria ſo ungleich vertheilt ſind *(A. B. Meyer)*, wie ſonſt nirgendwo beobachtet wurde; doch wir können

auf eine eingehendere Beſprechung dieſer Variationen um ſo lieber verzichten, als der neueſte Compilator auf dieſem Gebiete der Phyſiologie, *Aubert*[70]), dieſelben angelegentlichſt berückſichtigt hat.

Was die Innervation der Gefäße betrifft, ſo ſtehen dieſelben ebenſo wie das Herz unter der Einwirkung zweier ganz entgegengeſetzt functionirenden Nerven, nämlich unter dem Einfluſſe von verengenden (Vaſomotoren, Preſſoren oder Vaſoconſtrictoren) und von erweiternden Faſern (Vaſodilatatoren, Depreſſoren, Hemmungsnerven). Noch ziemlich allgemein erklärt man ſich dieſe doppelte Beeinfluſſung der Gefäße durch das Nervenſyſtem in der Weiſe, daß man ſich die Gefäßmuskeln nur in directer Verbindung mit den Vaſoconſtrictoren denkt und den erweiternden Einfluß der Depreſſoren durch eine Reflexhemmung der gefäßerregenden Nerven, ſei es in cerebroſpinalen oder in peripher gelegenen Ganglien, geſchehen läßt. Als Nerven letzterer Art (Preſſores), deren Durchſchneidung eine Erweiterung der zugehörigen Gefäße zur Folge hat, während an durchſchnittenen Nerven Reizung des peripheren Endes die Gefäße nothwendig verengen muß, betrachtet man die Nervi ſplanchnici für den großen Gefäßbezirk der Bauchhöhle (Meſenterialgefäße, Pfortader, Nierengefäße u. ſ. w.), die von dem Ganglion cervicale ſupremum ſtammenden ſympathiſchen Faſern für die Submaxillar- und Ohrgefäße bei Hund und Kaninchen (*Cl. Bernard* u. A.) ſowie die Nervi pudendi für die cavernöſen Gewebe der Urethra *(Lovén)*; viel weniger deutlich tritt der preſſoriſche Charakter an den Gefäßnerven der Extremitäten (z. B. am Iſchiadicus) und der meiſten Skeletmuskeln hervor, da in dieſen Stämmen ſtärkere gefäßerweiternde Faſern, wenn auch von geringerer Mächtigkeit als die preſſoriſchen, in gleichgerichteter Erregbarkeit mitverlaufen.

Die genannten, rein gefäßverengenden Nerven können, wie geſagt, durch andere Faſerſtränge reflectoriſch gereizt, — und dieſes vermag ausſchließlich durch centripetal leitende Nerven (ſenſibele

Preſſores) in cerebroſpinalen Centren zu geſchehen, — wie auch in ihrer Wirkung gehemmt werden. Dieſe Hemmung kann ſich vollziehen durch centripetal leitende Faſern in den cerebroſpinalen depreſſoriſchen Centren oder durch centrifugal leitende Nerven in peripher gelegenen Ganglien, und eine weitere Complication erwächſt fernerhin noch daraus, daß in den beiden cerebroſpinalen Centren, in den depreſſoriſchen und den vaſomotoriſchen Centren, zugleich Nervenbahnen münden, die Reize übertragen, durch welche Erregungen an den Hemmungsnerven ausgelöſt werden. Eine hemmende depreſſoriſche Wirkung auf den vaſomotoriſchen Splanchnicus beſitzen unter anderem Faſern, welche im Rückenmarke verlaufen und ſich am durchſchnittenen Lendenmarke bei Reizung des centralen Endes manifeſtiren *(Alſp)*, ſodann der beim Kaninchen, Haſen, Igel, Pferde und bei der Katze, nicht aber beim Hunde geſondert verlaufende Nervus depreſſor *(Cyon* und *Ludwig)*, welcher im Endocardium zu endigen und durch deſſen Ausdehnung gereizt zu werden ſcheint. Vom Darme her gehen dem Depreſſorcentrum außerdem noch Splanchnicusfaſern zu, welche die Wirkung des Nervus depreſſor hemmen und demnach den centripetal leitenden Preſſores beizuzählen ſind. Zu einer directen vaſoconſtrictoriſchen Wirkung auf reflectoriſchem Wege kommt es bei einer Reizung anderer im Splanchnicus mitverlaufender centripetal leitender Faſern ſowie auch wahrſcheinlich bei einer Erregung vieler ſenſibelen Muskelnerven *(Alſp)*, während umgekehrt durch Reize, welche die ſenſibelen Nerven der Zunge (Lingualis) treffen, die gefäßerweiternden Chordafaſern an der Submaxillaris *(Cl. Bernard)*, und durch ſolche, welche die Empfindungsnerven der Eichel erregen, die gefäßerweiternd wirkenden Nervi erigendi an der Urethra in Thätigkeit verſetzt werden *(Eckhard)*. In den letzten beiden Fällen wird von cerebroſpinalen Centren aus auf Vaſodilatatoren (Chorda tympani, Nervi erigendi) gewirkt, deren erweiternder Einfluß auf die Gefäße, wie bereits angedeutet wurde,

als eine Hemmung verengender Faſern in peripher gelegenen Centren aufzufaſſen iſt. Schließlich ſei bemerkt, daß *Goltz* auf Reizung ſenſibeler Nerven auch einen erectionshemmenden Einfluß beobachtete, welcher ſich ſelbſt bei Hunden mit querdurchſchnittenem Rückenmark erhalten zeigte und zu ſeiner Hervorrufung keiner bis zur Schmerzempfindung geſteigerter Reize bedurfte.

Die im Vorhergehenden mitgetheilten Innervationsverhältniſſe des Wirbelthierherzens, ſeine Beeinfluſſung durch den Vagus als Hemmungsnerven einerſeits, durch die accelerirenden Faſern andrerſeits, beſitzen nur Gültigkeit für den völlig ausgebildeten Organismus; auf früher Entwicklungsſtufe können die Dinge weſentlich anders liegen.

Der Herzſchlag bei den Wirbelthierembryonen und den Wirbellofen.

R. Wernicke beobachtete, daß am Herzen eines Hühnerembryo [71]) vom vierten Bebrütungstage nach Zuſatz von 0.1 cbc. einer auf 38° C. erwärmten 0.4 %igen Löſung von ſalzſaurem Chinin ſchon nach 1½ Minuten die Zahl der Pulſationen um die Hälfte ſank und nach 5 Min. völliger Herzſtillſtand eintrat. In Verbindung mit den *Eckhard*'ſchen Beobachtungen, daß in dem pulſirenden embryonalen Vogelherzen keine Ganglien, ja überhaupt keine zellige Elemente vorkommen und nach dem Anlegen einer *Stannius*'ſchen Atrioventricularligatur am Herzen 12tägiger Hühnerembryonen bei gewöhnlicher Temperatur zwar nur die Vorhöfe pulſiren, bei 37—40° C. aber auch der Ventrikel rhythmiſch weiterſchlägt, war es durch den *Wernicke*'ſchen Verſuch ſehr wahrſcheinlich geworden, daß das embryonale Vogelherz rein protoplasmatiſche Bewegungen [72]) ausführt und ſeine Schlagfolge weder von Muskelcontractionen herrührt, noch von nervöſen Organen ausgelöſt oder regulirt wird. Allein die den *Eckhard*'ſchen Angaben von der Abweſenheit der Ganglien im embryonalen Vogelherzen widerſprechenden Befunde von *His* geſtatteten eine ſolche Schlußfolgerung nicht zu ziehen, während jedoch andrerſeits combinirte Muscarin- und Atropinvergiftungen mich ebenfalls lehrten, daß

ſelbſt in ſpäten Stadien der Bebrütung von einem hemmenden Vaguscentrum wie beim entwickelten Huhne nichts nachzuweiſen iſt. Meine Beobachtungen ſind in neueſter Zeit durch *Kobert*'s ſchätzenswerthe Arbeit noch dahin vervollſtändigt, daß am Herzen des bebrüteten Hühnerembryo durch Helleborein bereits am vierten Tage ein charakteriſtiſcher, ſyſtoliſcher Stillſtand bewirkt werden kann, während Muscarin noch zwei Tage vor dem Ausſchlüpfen ſelbſt in großen Doſen faſt ganz wirkungslos iſt. Einen echten Muscarinſtillſtand des Herzens ſah *Kobert* am Hühnerembryo überhaupt nicht eintreten, und deutliche, durch Atropin aufhebbare Pulsverlangſamung hat er nur in den letzten 24 Stunden der Bebrütung nach Application großer Doſen direct auf das Herz geſehen; nach dem Ausſchlüpfen nahm aber die Hemmungsvorrichtung raſch an Erregbarkeit zu und war beim Hühnchen ſchon am ſiebenten Tage von der beim ausgewachſenen Thiere kaum noch zu unterſcheiden. Beim Sperling war dagegen noch in der zweiten Woche nach dem Ausſchlüpfen die Muscarinwirkung eine nicht ganz vollkommene und nur durch große Doſen zu erzielen.

Nicht ſo qualitativ (ſondern mehr quantitativ) verſchieden von dem Zuſtande des erwachſenen Thieres wie am embryonalen Herzen der Vögel, wo, wie beim Hühnchen, auf den oberen Herzabſchnitt wie auf das ganze Herz Muscarin am zwölften Bebrütungstage ohne wahrnehmbare Einwirkung bleibt, ſtellen ſich die Verhältniſſe bei den Säugethierföten und den Batrachierembryonen. Aber auch bei jungen Katzen und Kaninchen kommt es einige Tage vor dem normalen Ablauf der Schwangerſchaft noch zu keinem richtigen Muscarinſtillſtande, ſondern nur zu einer Verlangſamung des Herzſchlags, und erſt nach der Geburt nimmt das Hemmungscentrum allmälig ſeine volle Function auf, während Hand in Hand damit die Empfindlichkeit der Herzmaſſe gegen Muskelgifte (Kupfer, Digitalis) entſchieden abnimmt. An Kaulquappen, welche erſt 20 mm lang und nicht über 14 Tage alt

waren, ließ ſich der Muscarinſtillſtand prompt herbeiführen *(Kobert)*. bei 50 bis 60 mm langen Larven von Alytes obstetricans Nervenſtämme mit anliegenden Ganglienzellen im Vorhof wie im Sinus venosus demonſtriren *(E. Ziegler)* und an ſolchen Thieren auch durch electriſche Reizung des verlängerten Markes, des Venenſinus und durch den *Stannius*'ſchen Schnittverſuch das Vorhandenſein eines vollkommen entwickelten hemmenden Vaguscentrums nachweiſen. Aehnlich fielen die Verſuche an Salamanderembryonen *(Jordan)* und an kaum 20 mm langen Exemplaren von Rhodeus amarus aus *(Kobert)*; auch bei den letztgenannten Fiſchchen ſtellte ſich ein durch Atropin zu beſeitigender Muscarinſtillſtand am Herzen ſchnell und vollſtändig ein. Wenn demnach und im Hinblick auf die Verſuchsergebniſſe am Herzen ausgewachſener Aale *(A. B. Meyer)*, Karpfen *(C. E. E. Hoffmann)*, Hechte *(Rud. Wagner, Kafem-Beck* und *J. Dogiel)* u. ſ. w.[73]), bei welchen die Verhältniſſe die für Wirbelthiere allgemein zutreffenden ſind, die einzelnen Entwicklungsſtadien am Herzen der Teleoſtier ontogenetiſch weit weniger als bei den Vögeln hervorzutreten ſcheinen, ſo ſind doch andererſeits die phylogenetiſchen Abweichungen, auf welche *Kobert* gerade bei den Fiſchen ſtieß, für uns von einer um ſo größeren Bedeutung. Es zeigte ſich nämlich ſowohl bei Unterſuchung von 84 bis 98 mm langen Ammocoetes branchialis wie auch an ausgebildeten Petromyzon Planeri, daß ſich bei den Cyclostomen weder beim Einſetzen in muscarinhaltiges Waſſer, noch bei directer Application einer 1%igen Muscarinlöſung auf das freigelegte Herz am Herzſchlage irgend etwas ändert, und daß ſomit hier eine merkwürdige Ausnahme von der Regel zu conſtatiren iſt, der gemäß alle Wirbelthiere auf Muscarinapplication mit Pulsverlangſamung oder mit Herzſtillſtand reagiren. Da nun aber, wie ich[74]) gezeigt habe, die Petromyzonten ſich in dem chemiſchen Aufbau ihrer Organe von dem allgemeinen Verhalten der Wirbelthiere nicht entfernen und auch in ſolchen Punkten, wo

(wie z. B. bei den Verdauungsvorgängen) zwiſchen ihnen und den höheren Wirbelthieren auffälligere Differenzen beſtehen, dieſelben keineswegs Eigenthümlichkeiten der Petromyzonten ſind, ſondern ſich auch bei einigen Teleoſtiern wiederfinden, ſo wird es, bevor eine phyſiologiſche Würdigung jener Erfahrungen am Cycloſtomenherzen möglich iſt, unbedingt nöthig erſcheinen, auch noch die Ganoiden und Selachier in dieſer Richtung zu unterſuchen[75]).

Trotz einer großen Anzahl von Abhandlungen ſind wir bei den Mollusken und Cruſtaceen über das negative Reſultat, welches ſich bezüglich des Hemmungscentrums am Petromyzonherzen ergab, nicht ſonderlich hinausgekommen[76]). Beobachtungen über die Herzinnervation bei Mollusken ſind von *Vulpian*, *Al. Brandt*, *Dew-Smith & Foſter*, *Dogiel*, *Yung* und *Kobert* mitgetheilt; von dieſen beziehen ſich die *Yung*'ſchen Angaben auf Lamellibranchiaten, die der übrigen Autoren zumeiſt auf Gaſtropoden. *Dogiel* war der erſte, welcher Ganglienzellen im Herzen von Mollusken geſehen haben wollte; er gab ihr Vorkommen in den Herzvorhöfen bei Pecten, Aplyſia und anderen Species an, hielt dieſelben aber für apolar. *Yung* glaubte ebenfalls, in der Herzwand des Muſchelherzens nervöſe Elemente für den activen Contractionsvorgang poſtuliren zu müſſen, während dagegen *Dew-Smith & Foſter* die Contractionen am Herzen von Helix pomatia als protoplasmatiſche auffaßten. Alles in allem wird über das Schneckenherz hinſichtlich der Ganglien noch nicht endgültig abgeurtheilt werden können; «nur ſoviel ſteht feſt, daß höchſtens eine Sorte von Ganglien, nicht aber deren zwei darin vorhanden ſind» *(Kobert)*.

Vulpian, von dem ebenfalls die Angabe herrührt[77]), daß am Herzen der Weinbergsſchnecke Reizung des unteren Schlundganglions oft einen diaſtoliſchen Stillſtand, Reizung des oberen Schlundganglions bisweilen eine Beſchleunigung der Herzſchläge bewirkt, wollte beobachtet haben, daß das Helixherz ebenſo wie das der Wirbelthiere in einen, durch Atropin zu beſeitigenden Muscarin-

ſtillſtand verſetzt werden kann, und ich ſtand auf Grund dieſer Ausſage des ſonſt ſo zuverläſſigen Forſchers keinen Augenblick an, die Anweſenheit eines Hemmungscentrums im Molluskenherzen dadurch für bewieſen zu erachten. Aufmerkſam geworden durch die Einſprache, welche *Yung*, *Ranſom* und ſpäter *Kobert* gegen die Richtigkeit des *Vulpian*'ſchen Verſuches erhoben, habe aber auch ich mich überzeugt, daß das Muscarin auf das Helixherz unwirkſam iſt und ſomit kein Grund mehr vorliegt, einen Hemmungsapparat (nach Art des Vaguscentrums bei den Wirbelthieren) in demſelben anzunehmen. Die Beſchleunigungen, welche *Yung* an Muſchelherzen ſowohl nach Reizung der von den Kiemenganglien abgehenden Nervenfäden wie nach Nicotin- und Veratrinapplication zu ſehen bekam, können ſehr wohl in einer directen Beeinfluſſung der Herzmuskulatur begründet liegen und ſcheinen mir keineswegs die Exiſtenz eines Hemmungscentrums ohne Weiteres zu verbürgen. Das einzig Poſitive, was über das Molluskenherz (ſpeciell an Helix pomatia) ſicher zu ermitteln gelang, bleiben hiernach der in typiſcher Form zum Ausdruck kommende ſyſtoliſche Herzſtillſtand, welcher durch die verſchiedenſten Stoffe aus der Digitalisgruppe, beſonders leicht aber durch Helleborein herbeizuführen iſt, und die Herabſetzung der Leiſtungsfähigkeit des normalen Herzens durch Kupfer, welche durch Phyſoſtigmin wieder geſteigert wird *(Kobert)*.

Daß ein dem Vaguscentrum im Wirbelthierherzen phyſiologiſch gleichwerthiger Hemmungsapparat auch den Herzen der Krebſe und Inſekten mangelt, wird von allen Forſchern zugegeben, welche Muscarin und Atropin auf Arthropodenherzen ſucceſſive einwirken ließen. Von Intereſſe iſt fernerhin, daß auf dieſe Herzen auch das Helleborein ſeine Wirkung verſagt *(Krukenberg, Kobert)*, und für die Arthropoden hierdurch ein Unterſcheidungsmerkmal von den Mollusken, eine Uebereinſtimmung mit den Würmern (Clepsine, Tubifex, Nais proboscidea nach *Kobert*) angebahnt

wird. Was nun aber die Gegenwart eines, jedenfalls anders als bei den Wirbelthieren gearteten Hemmungsapparates im Herzen der Cruſtaceen und Inſekten anbelangt, ſo entſchied ſich die Mehrzahl der Unterſucher für die Annahme eines ſolchen. Einſchlägige Verſuche hatten ſchon *C. G. Carus*, *E. H.* und *Ed. Weber* wie auch *Al. Brandt* angeſtellt; *Eckhard* erzielte, indem er am Herzen eines Cancer pagurus ſämmtliche vom Gehirn nach dem Schlunde und zu den Seiten desſelben ziehenden Nerven oder das Gehirn ſelbſt electriſch reizte, einen Herzſtillſtand von zwei Minuten, und durch die Unterſuchungen von *Lemoine*, *Dogiel*, *Yung* und *Fél. Plateau* dürfte für die Cruſtaceen wohl als endgültig feſtgeſtellt zu betrachten ſein, daß der Herznerv (nerf cardiacque *Lemoine*'s) ein accelerirender Nerv iſt, deſſen mechaniſche, electriſche oder chemiſche Erregung den Rhythmus der Herzbewegungen erheblich beſchleunigt, nach deſſen Durchſchneidung hingegen ſich die Zahl der Herzſchläge vermindert, während hemmende Faſern vorwiegend oder ausſchließlich im Bauchſtrange verlaufen. *Plateau* betrachtet letztere Nervenſtränge als wahre Antagoniſten des Beſchleunigungsnerven, obſchon er [78]), auf *Yung*'s mündliches Urtheil geſtützt, den von *Berger*, *B. Deszö* u. A. für das Krebsherz verſuchten Gangliennachweis nicht als einen bindenden anzuerkennen vermag. Ohne mich über den Werth der hiſtiologiſchen Befunde von Ganglienzellen in den Krebsherzen äußern zu wollen, muß auch ich mich für die Gegenwart eines Hemmungscentrums in dieſen ausſprechen. Ich fand, was *Plateau* beſtätigte, daß bei Astacus fluviatilis das Herz ungleich empfindlicher gegen Veratrin iſt als die Skeletmuskulatur; der durch Veratrin geſchaffene Herzſtillſtand ließ ſich aber durch Digitalis leicht und vollſtändig wieder beſeitigen, und da es ſicherlich ſehr unwahrſcheinlich iſt, daß dieſer Effect der Digitalis in der Aufhebung eines durch das Veratrin bewirkten Reizzuſtandes der Herzmuskelfaſern begründet liegt, ſo ſehe ich darin ein weiteres Argument für die Exiſtenz von Hemmungs-

apparaten im Aſtacusherzen. Ich werde jedoch wohl kaum des Näheren auszuführen brauchen, daß dieſe Hemmungsvorrichtungen dem Vaguscentrum des Wirbelthierherzens nicht als «ſubſtantiell analog»[79]) zu gelten haben, ſondern ſich in dieſer Beziehung von jenem ſchon durch ihre Widerſtandsfähigkeit gegen Muscarin zur Genüge unterſcheiden. — Nach den Ausſagen von *M. Brandt* und *Kobert* liegen bei Inſekten ähnliche Verhältniſſe als bei den Krebſen vor, doch iſt die Herzinnervation der Inſekten viel weniger ſorgfältig ſtudirt worden als die der Krebſe.

Der Herzſchlag bei den Salpen iſt von mir zum Gegenſtande einer beſonderen Unterſuchung gemacht. Jene merkwürdige Umkehr in den Pulſationen — ſo lebhaft erinnernd an jenes abwechſelnde Wogen des ſich bald in dieſer, bald in jener Richtung hin fortwälzenden Menſchenſtromes auf dem Broadway von New-York, in der Rue de Rivoli von Paris, welche zu gewiſſen Tagesſtunden der gewaltigen, ſich vorwärts drängenden Volksmaſſe keinen freien Abzug mehr zu gewähren vermögen — iſt keine Eigenthümlichkeit des Salpen- und Ascidienherzens. Bereits 1805, alſo 17 Jahre vor *van Haſſelt*'s Entdeckung der Umkehr des Blutſtromes bei den Salpen, berichtete *J. F. P. Braun* über zwei große, vom Kopfe bis zum Schwanze beiderſeits geſchlängelt verlaufende Gefäße bei Nephelis vulgaris, «in welchen ſich das Blut ſo bewegt, daß das eine angefüllt wird, während das andere ſich entleert». Erſt 1828 wurde von *Joh. Müller* das Phänomen bei demſelben Wurme wiederentdeckt, von *E. H. Weber* für junge Blutegel beſtätigt, und bei Serpulen und Sabellen ein ähnlicher Wechſel in den Pulſationen an dem einheitlichen Gefäßſtamme für die Kiemenfäden von *Grube* (1838) beobachtet; ſpäter nahmen auch *P. J. van Beneden* und *Windiſchmann* (1841), *Oscar Schmidt* (1851) und *Gegenbaur* (1870) analoge Erſcheinungen an den hämolymphatiſchen Räumen in den Embryonen nackter Pulmonaten (Limax) wahr[80]). Wir erſehen hieraus, daß eine ab-

wechſelnde Schlagfolge der automatiſchen Herzthätigkeit ſich bei Würmern wie bei Molluskenembryonen wiederfindet, doch tritt dieſelbe nirgends ſo klar in die Erſcheinung und ladet nirgends ſo ſehr zur Unterſuchung ein als bei den äußerſt durchſichtigen und großen Salpenformen.

Die an dem Salpenherzen bald den Kiemen (advisceral, «courant cardio-branchiaque» *Lacaze-Duthiers*'), bald der Aorta (abvisceral) zu gerichteten Pulſationen ſchwanken in ihrer Zahl auch unter natürlichen Verhältniſſen ganz ungemein, und das von mir als Norm angenommene Verhältniß, wo 12 adviscerale Schläge 15 bis 20 Secunden und die darauf folgenden 3 bis 6 abviscerale Schläge einſchließlich der zwiſchen beiden Schlagfolgen meiſt beſtehenden Pauſe ungefähr die gleiche Zeit in Anſpruch nehmen, ändert ſich ſofort ſehr erheblich, wenn das Waſſer der Umgebung ſeine natürliche Friſche und Beſchaffenheit eingebüßt hat. Dann nehmen die einer Schlagreihe zugehörigen Pulſationen oft um's Vielfache an Zahl zu, die Schläge werden weniger kräftig, ohne daß aber ein Geſetz anzugeben wäre, nach dem ſich beſtimmen ließe, wann eine neue Umkehr erfolgen wird oder wie viele Contractionen bei den nächſten Wechſeln den advisceralen und den abviscerale Schlagreihen angehören werden. Noch mehr geſchwächt verlaufen die Pulſationen, wenn das Gefäßſyſtem durch Verſtümmelung des Thieres blutarm geworden iſt, und zum Unterſchiede von dem Krebsherzen, deſſen hinterer Theil auch nach querer Halbirung des iſolirten Herzens fortfährt zu pulſiren und erſt dann zur Ruhe kommt, wenn dieſer weiterhin in zwei ſymmetriſche Hälften zerlegt wird, ſchlägt das angeſtochene und dadurch blutleer gewordene Salpenherz nicht mehr fort.

Es iſt mir gelungen, einige Thatſachen aufzufinden, welche auf eine Auslöſung beider Schlagfolgen durch gangliöſe Apparate ſchließen laſſen, wennſchon meines Wiſſens Ganglienzellen im Herzen der Salpen mikroſkopiſch noch nicht nachgewieſen ſind,

und deren Annahme zur Erklärung der automatiſchen Bewegungen des Herzens trotz der quergeſtreiften Beſchaffenheit der Herzmuskelfaſern manches Bedenkliche hat. Muscarin wie Atropin erwieſen ſich auf das Salpenherz als durchaus unwirkſam; durch Veratrin und Chinin waren nur incompenſirbare Herzlähmungen zu erzielen, und das Curare beſitzt allem Anſcheine nach eine lähmende Wirkung auf die Muskelfaſern als ſolche, an denen alsdann Kampher die letzten Spuren einer Erregbarkeit deutlicher hervortreten läßt. Es glückte mir, wie geſagt, zwei Subſtanzen ausfindig zu machen, durch welche die Zahl der Pulsſchläge nach ein und derſelben Richtung einerſeits vermehrt und andererſeits vermindert werden kann; erſteres gelingt durch Helleborein, welches die adviscералen auf Koſten der abviscералen Herzſchläge auf mehrere hundert, ja über tauſend ſteigert, letzteres durch Nicotin, welches nach zwei oder drei, oft aber ſchon nach einer einzigen Pulſation die Schlagfolge zur Umkehr zwingt. Ein Vergleich des Mechanismus am Salpenherzen mit dem am Krebsherzen lehrt demnach wenigſtens ſoviel, daß das Herz der Salpen, ganz abgeſehen von der periodiſchen Umkehr ſeiner Pulſationen, welche es auch dem Molluskenherzen functionell ſo unähnlich macht, normal anderen Impulſen ſeine Rhythmik verdankt als das der Cruſtaceen.

Die Innervation der Farbenwechſelapparate.

Daß die Farbenwechſelapparate[81]) ebenſo wie die Propulſionsorgane für die inneren Ernährungsſäfte eine Abgrenzung im phyſiologiſchen Sinne nothwendig machen, begründete *San Giovanni*[82]) durch die eigene Lagerung und Structur, durch die functionelle Verkettung aller einem ſolchen Apparate zugehörenden Theile und durch die Eigenartigkeit, mit welcher ſich deren Zuſammenwirken äußert; ich[83]) wies ferner darauf hin, daß ſich nirgendwo die Begriffe einer functionellen und einer cauſalen Analogie ſchärfer präciſiren und deren Grundverſchiedenheiten beſſer darthun laſſen als gerade an dieſen Organanlagen.

Je nachdem der periphere Endtheil eines Farbenwechſelappa-

rates protoplasmatiſcher Bewegungen fähig iſt oder durch Muskeln in Thätigkeit verſetzt wird, ſprechen wir bekanntlich von Chromatoblaſten oder von Chromatophoren, und wir wiſſen bereits (vgl. S. 274), daß auch jene gleich dieſen nervöſen Einflüſſen unterworfen ſind. Richtige Chromatophoren ſind bei Mollusken die Regel, bei anderen Typen Ausnahmen. Die bei den Chromatophoren um die Pigmentkörper ſtrahlenförmig gruppirten Muskelſtränge wieſen *Kölliker* und *H. Müller* wie *Gegenbaur* bei mehreren Species der Gattung Tiedemannia nach[84]), und die contractile Natur der ſich an die Pigmentkörper in der Cephalopodenhaut inſerirenden Faſern iſt durch die Beobachtungen von *Kölliker*, *Harleß*, *H. Müller*, *Boll* und vielen Anderen jedem Zweifel enthoben; bezüglich der Chromatophorenmuskulatur der Cephalopoden werden zwar immer wieder von neuem Stimmen gegen eine ſolche Deutung laut, und dieſe werden ſicherlich auch nicht eher verſtummen, als ſich die Ueberzeugung allgemein befeſtigt haben wird, daß am lebenden Gewebe die contractile Beſchaffenheit der Radiärfaſern an dem Wechſel von Zuſammenziehung und Erſchlaffung der Faſern leicht zu conſtatiren iſt, während die abgeſtorbenen Muskelfäden ihre functionelle Beſtimmung kaum noch errathen laſſen.

Wenn ich mich nun zu einer Darſtellung des Chromatophorenſpieles bei den Cephalopoden wende, ſo muß ich vorausſchicken, daß das Vorzutragende in vollem Umfange ausſchließlich auf Eledone moschata paßt. Bei Octopus, Loligo, Sepia und Sepiola ſcheinen die Verhältniſſe zwar ſehr verwandte zu ſein, aber bei dieſen Arten gelingt es keineswegs, ſich über die Anordnung der einzelnen Organtheile in der einfachen Weiſe wie bei Eledone Gewißheit zu verſchaffen; in Folge der von *Yung* ganz mit Unrecht behaupteten Identität der Apparate bei allen unterſuchten Cephalopoden ſind die von mir mit aller Sorgfalt ermittelten Thatſachen nur durch ſchlechte Beobachtungen entſtellt und verwirrt worden.

Daß das Chromatophorenspiel bei den Cephalopoden dem Willen des Thieres unterliegt, lehrt schon die einfache Beobachtung, daß sich bei psychischen Erregungen die Eledone bräunt und daß andere Species (z. B. Sepiola Rondeletii nach *Fredericq*) sich der Unterlage und der Umgebung in ihrer Färbung anpassen. *Fredericq* glaubte annehmen zu sollen, daß das untere Schlundganglion das nervöse Centrum für den Farbenwechsel sei, doch war bereits früher von *Klemensiewicz* gezeigt, daß Reizung des Ganglion opticum ebenfalls den activen Zustand an den Chromatophoren auslöst und coloratorische Nervenstränge sowohl in den Pedunculis wie auch in dem unteren Theile des oberen Schlundganglions verlaufen, an welchem Reizungen des Haubentheiles allerdings sich als wirkungslos auf die Chromatophoren erweisen. Die centralen Erregungen werden durch die Pallealnerven, von denen ein jeder die zugehörige Körperhälfte innervirt, auf die Chromatophoren des Mantels, durch die Trichternerven auf die des Trichters, durch die Brachialnerven auf die der Arme übertragen und bleiben selbstverständlich ohne Einfluß auf die Pigmentkörper, wenn die sie indirect versorgenden coloratorischen Nerven durchschnitten werden. Jeder Reizzustand des nervösen Centrums äußert sich in einer Braunfärbung der Haut, während jede Lähmung ein Erblassen des Thieres nach sich zieht. Ein Lähmungszustand an den Chromatophoren resultirt aber nicht nur, wenn das untere Schlundganglion entfernt wird, oder wenn die zu den Chromatophoren tretenden Nerven durchschnitten werden, sondern wir kennen im Chinin auch ein Mittel, welches ohne die mehr peripher gelegenen Theile des Farbenwechselapparates irgendwie zu beeinflussen, lähmend auf das coloratorische Centrum im Gehirn einwirkt und deshalb nicht weniger sicher eine Weißfärbung der Haut veranlaßt als die angeführten blutigen Operationen.

Kurz bevor die Nerven sich an die Radiärfasern begeben, treten sie in ganglionäre Gebilde ein, durch welche wir weit directer

auf die Chromatophoren einwirken können als von den Schlundganglien aus. Diese den Radiärfasern unmittelbar anliegenden Ganglien, welche als die Endigungen der coloratorischen Nerven aufzufassen sind, vermögen wir durch Nicotin zu erregen und so eine Braunfärbung herbeizuführen, durch Strychnin zu lähmen und so das Braun in ein reines Weiß zu verwandeln; äußerst verdünnter Nicotin- (1 : 100 000) oder Strychninlösungen (1 : 40 000) benöthigt es, um an den lebenden Thieren oder an frisch abgetrennten Hautstücken diese Erfolge in kürzester Frist zu erzielen. Partieen der Haut, an welchen die peripheren Ganglien durch Strychnin vollkommen gelähmt und dadurch sämmtliche nervöse Einflüsse zu den Chromatophoren abgestellt sind, vermögen wir abermals auf experimentellem Wege ein braunes Colorit zu verleihen und dieses alsdann wiederum zum Verblassen zu bringen. Es gelingt das, indem wir auf die Radiärfasern unmittelbar einwirken, dieselben erregen durch Chloroform und sie nachträglich lähmen durch Kampher. Aber auch an den durch Kampherapplication weiß gewordenen Eledonen ruft eine electrische Reizung der Haut eine ganz circumscripte, niemals jedoch eine ausgedehntere Bräunung wie bei intacter Nervenverbindung hervor; dieser Befund belehrt uns schließlich noch darüber, daß den Pigmentkörpern [85]) noch benachbarter als die peripheren Insertionen der Radiärfasern contractile Elemente (entweder die «protoplasmatische Masse» *Klemenſiewicz*'s oder die «cellules basilaires» *Paul Girod*'s) lagern, welche Kampher nicht lähmt, electrische Ströme wie starke Säuren aber zur Zusammenziehung bringen. So gelang es uns durch die Methode der combinirten Vergiftung, ein wahrheitsgetreues Bild von der Anordnung der einzelnen Theile jenes so wunderbaren Farbenwechselapparates bei den Cephalopoden zu entwerfen und, was zu den größesten Seltenheiten gehört, an der Hand des Experimentes der histiologischen Forschung voranzueilen.

Am Chamäleon führten die Sections- und combinirten Ver-

giftungsverſuche zu nicht weniger bindenden Schlüſſen. Ohne in Abrede zu ſtellen, daß, wie *Studiati* und *Pagenſtecher*[86]) wollen, beim Chamäleon die einzelne Chromatophore auch als eine mit Pigment imprägnirte Muskelplatte aufgefaßt werden kann, denken wir uns der größeren Einfachheit wegen ein ſolches Gebilde aus einem inneren, mit gefärbter Materie angefüllten Säckchen und aus einem dieſes umgreifenden Muskelſphincter beſtehend. Der active Zuſtand der Chromatophore, welchem eine Contraction des Sphincters entſpricht, documentirt ſich demnach in einem Hellerwerden, der paſſive Zuſtand der Chromatophore dagegen in einem Dunklerwerden der Haut, und es walten ſomit beim Chamäleon gerade die umgekehrten Verhältniſſe ob als bei den Cephalopoden.

Das Centrum, von dem beim Chamäleon die Chromatophoren aus innervirt werden, liegt im Rückenmarke; bei ſeiner Erregung, ſei es electriſch, ſei es durch Strychnin, Pikrotoxin u. dgl. m., tritt bei reinen Verſuchen allemal ein Hellerwerden der Haut ein, während die Zerſtörung des Hals- und Bruſttheiles des Rückenmarkes ein ſofortiges Schwarzwerden der von dieſen Bezirken verſorgten Hautpartieen nach ſich zieht. Dieſes allem Anſcheine nach automatiſch wirkende Centrum im Rückenmarke ſteht fernerhin mit zwei Hemmungscentren in Verbindung, die durch die meiſten Gifte mehr oder minder ſtark in Mitleidenſchaft gezogen werden und conſtante Vergiftungsbilder kaum erzielen laſſen. Der eine dieſer beiden Hemmungsapparate befindet ſich ebenfalls im Rückenmark, und ſeine Wirkung äußert ſich beſonders dann, wenn Lichtreize, welche die Haut treffen, durch centripetal verlaufende Hautnerven ihm übermittelt werden. Dieſes Hemmungscentrum tritt jedoch nur dann in Wirkſamkeit, wenn keine ſtärkere Erregungen von dem eigentlich coloratoriſchen Centrum den Chromatophoren zufließen, und ſein Einfluß auf das automatiſche Centrum iſt zweifellos viel geringer als der des zweiten Hemmungsapparates, welcher ſeinen Sitz im Gehirn und nicht, wie es nach *Bert*'s Angaben

ſcheinen könnte, unterhalb der Medulla oblongata hat. Auf Reizung der Augenſtiele ſtellt ſich regelmäßig eine Schwärzung der Haut ein, während im Schlafe und in der Aethernarkoſe die Chamäleonen den äußerſten Grad von Bläſſe annehmen. Trotzdem auch nicht näher eruirt wurde, wo im Gehirne jenes Hemmungscentrum localiſirt iſt, ſo geht aus dieſen Thatſachen doch wenigſtens ſoviel hervor, daß dasſelbe in Theilen des Gehirnes wurzelt, welche ſowohl im Schlafe als in der Aethernarkoſe außer Action geſetzt werden.

Die Effecte, welche beim Chamäleon durch unmittelbare Erregungen des coloratoriſchen Centrums auf die Chromatophoren ausgeübt werden, laſſen ſich, ganz abgeſehen von den leitenden Nervenfaſerſträngen an ſich, noch auf einem doppelten Wege beſeitigen: erſtens, indem auf die Nervenendigungen und zweitens, indem auf die Chromatophoren als ſolche eingewirkt wird. Das auf die Färbung der Chamäleonhaut am zuverläſſigſten wirkende Gift iſt das Curare; dieſes lähmt die Endapparate der coloratoriſchen Nerven in den Chromatophorenſphincteren ebenſo ſicher als die der motoriſchen Nerven in den quergeſtreiften Muskeln und führt ſomit eine vollſtändige Schwärzung der Haut herbei. Dieſer Expanſionszuſtand der Chromatophoren iſt an friſch abgetrennten Hautſtücken indeß nicht zu erzielen, erliſcht, wenn er am lebenden Thiere hervorgerufen wurde, ſowohl bei electriſcher Reizung der Haut wie auch beim Abſterben derſelben regelmäßig wieder und weiſt durch ſeine Unbeſtändigkeit auf Veränderungen hin, welchen die Chromatophore als ſolche unterworfen und denen ſchwer beizukommen iſt. Nur ſoviel iſt gewiß, daß die Chromatophoren durch Chloroform wie Morphin direct in einen andauernden Lähmungszuſtand verſetzt werden und der electriſche Strom ſie noch verhältnißmäßig lange nach dem Tode des Thieres zur Contraction bringt.

Die im Vorſtehenden reſumirten Ergebniſſe meiner Unterſuchungen und meine ſchematiſche Ausführung der Einrichtung

des Farbenwechſelapparates beim Chamäleon erklären ſämmtliche bislang darüber angeſtellten Beobachtungen; wir kommen über die Schwierigkeiten hinweg, welche *Brücke* gar nicht oder nur einer höchſt gezwungenen Deutung zugängig zu machen wußte, und gerathen bei unſeren Erklärungen nicht auf ſo fundamentale Abwege wie kurz zuvor noch *Paul Bert*, welcher die Pigmentkörper nach Art der nackten Protoplasmamaſſen als ſelbſtcontractil und unter doppeltem Nerveneinfluſſe (eines Dilatator und eines Conſtrictor) ſtehend anſah.

Nachdem von *v. Wittich* gezeigt war, daß electriſche oder mechaniſche Reizungen der Froſchhaut ein Hellerwerden, eine Zuſammenziehung der Pigmentkörper zur Folge haben, und derſelbe Zuſtand reſultirt, wenn die Thiere nur wenige Zeit intenſiver belichtet (Rana esculenta) oder aus kalten Räumen in günſtiger temperirte verſetzt werden (Hyla arborea), nachdem ferner *J. Lister* bewieſen hatte, daß der directe Lichteinfluß auf die Pigmentkörper nur ein ſehr geringer ſein kann, und die auffälligeren Lichteffecte nur reflectoriſch durch Vermittlung des Sehorgans und nervöſer Leitungsbahnen auf die Pigmentzellen übertragen werden, erfuhr die Lehre von dem Farbenwechſel der Amphibien nochmals einen Rückſchlag, indem nämlich *Goltz* darauf beſtand, daß die mit der Farbenänderung einhergehende Umgeſtaltung der Pigmentzellen nicht durch einen unmittelbaren Nerveneinfluß bewirkt werde, ſondern daß vielmehr die Nerven zunächſt auf die Gefäße einwirken und die Pigmentzellen erſt ſecundär wegen des Wechſels im Blutreichthum der Haut ihre Geſtalt verändern. Nach den poſitiven Reſultaten aber, welche an abgetrennten Hautſtücken ſowie an bloßgelegten Nerven bei den Reizverſuchen zu erlangen waren, muß die *Goltz*'ſche Idee ebenſo wie die Annahme dieſes Forſchers, daß nach völliger Zerſtörung des Gehirnrückenmarkes die Durchſchneidung von Hautnerven noch von einer Wirkung auf die Pigmentzellen begleitet iſt, als eine verfehlte bezeichnet

werden; wenigſtens denke ich mir die Einrichtung des Farbenwechſelapparates bei den Fröſchen von einer weſentlich anderen Form.

Von *Henſche* war angegeben worden, daß in der Froſchhaut, auch abgeſehen von den Drüſen, Muskelfaſern vorkämen, und es würde hiernach die Möglichkeit nicht auszuſchließen ſein, daß der Farbenwechſel der Fröſche ebenſo wie derjenige der Cephalopoden und Chamäleonen durch ein abwechſelndes Erſchlaffen und Zuſammenziehen von contractilen Faſerzellen zu Stande komme. Weder *Leydig* noch *Stieda* haben indeß Muskelfaſern in der Froſchhaut auffinden können, und ſeitdem von *O. Szczesny* die Verbindung der Pigmentzellen mit Nerven endgültig nachgewieſen iſt, kann überhaupt kein Zweifel mehr beſtehen, daß es ſich in dieſem Falle nicht um Chromatophoren, ſondern um Chromatoblaſten handelt. Wie *Pouchet*[87]) zuerſt betonte, läßt ſich bei Gebilden dieſer Art nicht gut von einem activen und paſſiven oder von einem Contractions- und Erſchlaffungszuſtande reden, ſondern wir ſind dabei lediglich auf die Unterſcheidung eines arrondirten und eines expandirten Zuſtandes angewieſen; letzterer deckt ſich nur inſofern mit einem activen Zuſtande, als er es iſt, in welchen die Chromatoblaſten bei totalen Erregungen überzugehen pflegen.

Die Chromatoblaſten in der Froſchhaut befinden ſich mit dem Gehirne in einer phyſiologiſch ununterbrochenen nervöſen Verbindung, und zwar iſt es der Sympathicus, dem nach einigen Verſuchen von *Axmann* und *v. Wittich* hierbei eine wichtige Rolle zufällt. Das automatiſche Centrum für den Farbenwechſel befindet ſich höchſt wahrſcheinlich im Thalamus opticus; denn, wie bereits *v. Wittich* wußte, führt eine jede Reizung der Medulla spinalis eine Entfärbung der geſammten Haut herbei, und *J. Steiner* verdanken wir die ſchöne Thatſache, daß Wegnahme des Thalamus opticus die Haut immer dunkel macht, und die dunkele Farbe ſich alsdann bis zum Tode ausnahmslos erhält. Um die Lichtwirkungen, welche

ſich an den Chromatoblaſten der Froſchhaut im umgekehrten Sinne als an den Chromatophoren beim Chamäleon äußern, mitzuerklären, bedürfen wir aber noch der Annahme acceſſoriſcher Ganglien, welche nothwendig in vorderen Hirntheilen gelegen ſein müſſen, und bei deren Erregung der gewöhnlich immerhin nur ſchwache Chromatoblaſtentonus bedeutend zu ſteigern iſt; außer mit dieſen verſtärkenden Apparaten mag das chromatoblaſtiſche Centrum im Thalamus opticus ſich auch noch mit anderen Gehirnganglien in unmittelbarer nervöſer Verbindung befinden, welche in ihrem Erregungszuſtande hemmend auf dasſelbe einwirken, wenn ſchon bei Unterhaltung eines nur ſchwachen Tonus vom chromatoblaſtiſchen Centrum aus die ſpontanen Farbenveränderungen die Annahme ſolcher Hemmungsvorrichtungen nicht gerade unabweisbar machen. Die Behauptung *Bimmermann*'s jedoch, daß ſich das Centrum für den Farbenwechſel durch die Medulla oblongata und die ganze Länge des Rückenmarkes erſtrecke, iſt thatſächlich unrichtig und ſeine Anſicht, daß es in der Haut ſelbſt eigene gangliöſe Vorrichtungen für den Farbenwechſel gebe, ſtützt gegenwärtig keine einzige Beobachtung, da alles, was einer derartigen Meinung Vorſchub gewähren könnte, ebenſo einfach durch eine directe Einwirkung auf die Chromatoblaſten verſtändlich wird.

Ueber den Farbenwechſel der Fiſche iſt vielleicht das Meiſte geſchrieben, doch lediglich die Unterſuchungen von *G. Pouchet*, welche ich durchgängig beſtätigt fand und nur in wenigen Punkten zu ergänzen vermochte, geben uns ein Bild von der Anordnung der einzelnen Theile dieſes nach gewiſſer Seite hin ebenſo eigenthümlichen Apparates als der des Chamäleons und der der Cephalopoden. Es iſt als feſtgeſtellt zu erachten, daß, wie bei den Fröſchen, ſo auch bei den Fiſchen die Pigmentkörper Chromatoblaſten ſind, welche ſich durch Nerven mit dem Gehirne in ununterbrochenem Connex befinden. *Pouchet* hat wichtige Erfahrungen über dieſe nervöſe Verknüpfung mitgetheilt, denen gemäß der große Sympa-

thikus als der coloratorifche Nerv anzufprechen ift. Die Pleuronectiden, welche wir ausfchließlich in Betracht ziehen wollen, erfcheinen wie die Fröfche nach klarem Sonnenfcheine allemal lichter gefärbt als nach einem längern Aufenthalte im Dunkeln; aber an ihnen ift der Einfluß der Belichtung ein weit mehr in die Augen fpringender als an den Fröfchen, und diefer erlaubt auf willkürliche Effecte an den Farbftoffzellen, welche nach *Seneca*'s Berichte[88]) fchon den alten Römern geläufig waren, eigentlich nur aus den Abfterbe- und Anpaffungserfcheinungen zu fchließen. Kein Nervengift ift aufzufinden gewefen, durch welches den Pleuronectiden ein beftimmtes Colorit der Haut zu verleihen gelungen wäre, obgleich fich auch bei ihnen die Chromatoblaften empfindlicher als beim Frofch erweifen und nicht nur durch electrifche und mechanifche Reize, fondern auch durch Kampher an abgelöften Hautftücken zur Zufammenziehung zu bringen find. An der Oberfeite von Zeus faber und Solea platessa fah ich wiederholt die Mafchen des Siebes, auf welches die todten Fifche geworfen waren, fich als weiße Netze von den dunkelen Carrés ebenfo deutlich abheben als bei Cephalopoden, die mit ihnen ein gleiches Schickfal theilten. Alles in allem ift die Einrichtung des Farbenwechfelapparates bei den Pleuronectiden eine fehr ähnliche wie die der Fröfche. Die Chromatoblaften ftehen durch den als coloratorifchen Nerv fungirenden großen Sympathikus mit Gehirnganglien in directer Verbindung, und der von diefen aus an den Pigmentzellen unterhaltene fchwache Tonus kann verftärkt werden, fowohl durch lichtempfindliche fenfibele Hautnerven als auch von Centren aus, welche der Willkür des Thieres unterworfen find. Erftere find indeß den letzteren an Einfluß bedeutend überlegen, und gerade hierin manifeftirt fich die Eigenartigkeit des Apparates bei den Pleuronectiden.

Die vielen, durchaus unfyftematifch betriebenen Arbeiten über den Farbenwechfel bei den Cruftaceen laffen es zwar wahrfchein-

lich werden, daß bei dieſen ein dem der Fiſche verwandter Mechanismus vorliegt, doch ſtehen den Angaben (für Nika edulis von *Jourdain*, für verſchiedene Arten der Gattung Idothea von *P. Mayer*), welchen gemäß ſich die Chromatoblaſten am Lichte zuſammenballen und im Dunkeln ausdehnen, auch ſolche (z. B. für Protella phasma von *G. Haller*) gegenüber, wo das Umgekehrte beobachtet wurde. *Pouchet* und nach ihm *Jourdain* wie *P. Mayer* haben gezeigt, daß die bei mehreren Krebſen ſehr deutliche chromatiſche Anpaſſung an die Umgebung nach radicaler Zerſtörung beider Augen nicht mehr ſtattfindet, und ebenſo iſt der Einfluß pſychiſcher Affecte (des Schreckens), welche z. B. bei Squilla mantis ein Erblaſſen des Thieres nach ſich ziehen *(H. Eifig)*, feſtgeſtellt, ohne daß aber mit Erfolg weiter nachgeforſcht wurde, durch welche Ganglien und durch welche Nerven die Chromatoblaſten ihre Erregungen zugeführt erhalten.

Werfen wir zum Schluß einen Rückblick auf das, was als geſicherter Fond für eine vergleichende Nervenphyſiologie gewonnen wurde, ſo müſſen wir zu unſerem Bedauern bekennen, daß es außerordentlich wenig iſt. Trotz der Fülle von Schriften, auf welche wir zu recurriren nöthig hatten, iſt die Ausbeute an brauchbarem Materiale eine höchſt minimale geblieben. Wir beſitzen in der Methode der Combinationsvergiftungen ein Hülfsmittel, durch welches viele Räthſel in der Nervenphyſiologie zu löſen ſind, und trotzdem befindet ſich unſer Wiſſen noch auf einer gar ſo primitiven Stufe! Woher rührt das?

Dieſe Frage iſt nicht ſchwer zu beantworten. Solange als das Groß der Nervenphyſiologen nicht die Begabung beſitzt, über brauchbare und unbrauchbare Methoden abzuurtheilen, ſolange man verſchmäht, combinirt zu vergiften, und deshalb jeder Fortſchritt in der vergleichenden Nervenphyſiologie lediglich von wenigen, vereinzelt daſtehenden Forſchern abhängt, wird dieſer

Zweig unſerer Disciplin nur langſam vom Flecke zu bringen ſein. Die Betrachtung der Farbenwechſelapparate zeigt uns zur Genüge, was an Wirbelloſen ſelbſt in der Nervenphyſiologie, wo nach *Bernard*'s klaſſiſchen Auseinanderſetzungen ſich die Verhältniſſe weit complicirter als an den Wirbelthieren geſtalten, bei einer verſtändigen Inangriffnahme der Unterſuchungen noch alles aufzudecken iſt. Die Methode aber, die wir als erprobte der Nachwelt übergeben, verliert durch ihre gegenwärtige Vernachläſſigung an Bedeutung nichts; ſie wird ungeahnte Aufſchlüſſe zu liefern ſich kräftig erweiſen, ſobald die Zeit gekommen ſein wird, welche die Methode der combinirten Vergiftung als großen Gewinn zu verſtehen ſich rühmen darf.

Anmerkungen und Literaturnachweiſe.

[1]) Was die Neuroglia betrifft, ſo ſcheint dieſelbe mit den Fortſätzen der Pia mater im Zuſammenhange zu ſtehen; aber ob dies nur ein Anlegen oder eine wirkliche organiſche Verbindung iſt, ob die Neuroglia bindegewebiger oder nervöſer Natur iſt, blieb bislang unaufgeklärt. *A. Götte* (Entwicklungsg. d. Unke. Bombinator igneus. Leipzig. 1875) war vielleicht der erſte, welcher die Abſtammung der Neuroglia aus Nervenmaſſe behauptete; ſeiner auf Unterſuchungen an Batrachiern baſirten Anſicht ſtimmte ſpäter auch *G. Fritſch* (Unterſ. üb. d. feinern Bau des Fiſchgehirns. Berlin. 1878) bezüglich der Knochenfiſche bei.

[2]) *F. Hoppe-Seyler*, Phyſiologiſche Chemie. Bd. 4. Berlin. 1881. S. 677.

[3]) Als Fortpflanzungsgeſchwindigkeit der Nervenerregung ergab ſich pro sec.:

Motoriſche Nerven des Menſchen 33.9 m *(Helmholtz & Baxt)*,
Senſibele Nerven des Menſchen 30 — 40 m (verſchiedene Autoren),
Senſibele u. mot. Nerven des Menſchen 62 m (nach Schätzung von *Exner*),
N. facialis u. recurrens bei großen Säugethieren 65 — 75 m *(Chaureau)*,
N. vagus der Säuger 8 m *(Chaureau)*,
Motoriſche Nerven des Froſches 26.4 — 27.25 m *(Helmholtz)*,
Motoriſche Nerven des Froſches 25 — 33 m *(Bernſtein)*,
Nerven der Winterſchläfer bis auf 1 m ſinkend *(Valentin)*,
Nerven vom Hummer 6 m *(Fredericq* und *Vandevelde)*,
Nerven vom Hummer (im Sommer) 20 m *(Fredericq* und *Vandevelde)*,
Senſibele Rückenmarksleitung beim Menſchen 8 m *(Exner)*,
Motoriſche Rückenmarksleitung beim Menſchen $\begin{cases} 11 — 12 \text{ m} \\ 14 — 15 \text{ m} \end{cases}$ *(Exner)*,
Motoriſche Rückenmarksleitung beim Hunde 10 m *(François-Franck & Pitres)*.

Zum Vergleiche führe ich noch an, daß die negative Schwankung des Nervenſtromes, deren Latenzſtadium 0.0006 — 0.0007 sec. in Anſpruch nimmt,

pro sec. 28 m *(Bernſtein)*, die Lichtwelle in der Pennatulidenaxe pro sec. 0.05 m *(Panceri)* und die Electricität in einem Kupferdrahte während derſelben Zeit ca. 30 Kilomeilen zurücklegt.

[4]) Wichtigere Literatur über die Nervenchemie:

Reaction. *Ch. Richet*, Phyſiologie des muscles et des nerfs. Paris. 1882. S. 540; *Gſcheidlen*, Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 8. 1874. S. 171; *L. Edinger*, Vorleſungen über den Bau der nervöſen Centralapparate. Leipzig. 1885 S. 19; *O. Langendorff*, Die chem. Reaction der grauen Subſtanz. Sep.-Abdr. a. d. Neurologiſchen Centralblatt. 1885. No. 24; *P. Ehrlich*, Deutſche medic. Wochenſchrift. 1886. No. 4.

Cholinderivate. *Hoppe-Seyler*, Phyſiologiſche Chemie. S. 79—82 u. S. 677—679; *A. Gamgee*, Text-book of the physiological Chemistry. Vol. 1. London. 1880. S. 425—442; *O. Schmiedeberg* u. *Harnack*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 6. 1877. S. 101—112.

Choleſtearin. *Krukenberg*, Vgl. phyſiol. Studien. 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 49 ff., Sitzungsber. d. Jenaiſchen Geſellſch. f. Medic. u. Naturw. 1885. S. 63; *K. B. Hofmann*, Lehrb. d. Zoochemie 2. Heft. Wien. 1877. S. 229; *Th. Weyl*, Archiv f. Phyſiologie. 1886. S. 182; *Hoppe-Seyler*, a. a. O. S. 79—82.

Für die Lecithine ſind drei verſchiedene Formeln (cf. *Hoppe-Seyler*, Pyſiolog. Chemie. Th. 1. Berlin. 1877. S. 79) aufgeſtellt. Bezeichnen wir den Fettſäurereſt (Radical der Stearin-, Palmitin- oder Oleinſäure) mit R, ſo ſind dieſelben folgende:

1. $C_3H_5 \begin{cases} R_2 \\ O\text{–}PO \begin{cases} OH \\ O\text{–}N\ (CH_3)_3\text{–}C_2\ H_4OH \end{cases} \end{cases}$ *(Diakonow)*,

2. $C_3H_5 \begin{cases} R_2 \\ O\text{–}PO \begin{cases} OH \\ O\text{–}C_2\ H_4\text{–}N\ (CH_3)_3OH \end{cases} \end{cases}$ *(Strecker)*,

3. $C_3H_5 \begin{cases} R_2 \\ O\text{–}PO \begin{cases} OHN\ (CH_3)_3 \\ O\text{–}C_2\ H_4\text{–}OH \end{cases} \end{cases}$ *(Hoppe-Seyler)*.

Das Myelin *Virchow*'s, von *J. Sachs* (Vorleſ. über Pflanzenphyſiologie. Leipzig. 1882. S. 383) gewiß nicht ohne Glück in eine Kategorie mit *Pringsheim*'s Hypochlorin geſtellt, ſieht *Hoppe-Seyler* (Handb. d. phyſiol- u. path.-chem. Analyſe. 5 Aufl. Berlin. 1883. S. 166) für gequollenes Lecithin an.

[5]) Die Analyſen des Rinderhirns von *Petrowsky* (Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 7. 1873. S. 367) ſind in mancher Beziehung ein guter Wegweiſer für eine ſpätere Nervenchemie. Als Mittel von zwei Analyſen ergaben ſich folgende Zahlen:

100 g

der grauen Subſtanz enthalten		der weißen Subſtanz enthalten	
Waſſer	81.604	Waſſer	68.351
Feſte Beſtandtheile . .	18.396	Feſte Beſtandtheile . .	31.649.

	100 g trockene Subſtanz enthalten	
Albuminſtoffe + Glutin	55.37	24.725
Lecithin	17.24	9.904
Choleſtearin	18.68	51.909
Cerebrin	0.53	9.547
In waſſerfreiem Aether unlösliche Subſtanz	6.71	3.342
Anorganiſche Salze	1.45	0.572

[6]) Vgl. übrigens: *V. Boehm*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 19. 1885. S. 87—100.

[7]) Außer den unter Anm. 4 angeführten Schriften vgl. hinſichtlich der auf S. 401 gegebenen Tabelle: *E. Harnack*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 4. 1875. S. 168—190; *Berlinerblau*, Ber. d. d. chem. Geſ. Bd. 17. 1884. S. 1140; *L. Brieger*, Ueber Ptomaine. Berlin. 1885.

[8]) Der bei den Ganglien von Nemertinen und anderen Würmern ſich findenden Hämoglobinfärbung haben wir ſchon früher (S. 30 u. 31) gedacht. Von Intereſſe, aber chemiſch nicht näher unterſucht, iſt die Ockerfärbung, welcher *B. Haller* (Denkſchr. d. math.-nat. Klaſſe d. k. Acad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 45. 1882. S. 102) an falſchen Neuromen bei Murex trunculus begegnete.

[9]) Ueber die Ernährung der Nerven vgl.: *Kühne*, Lehrb. d. phyſiol. Chem. Leipzig. 1868. S. 351—354; *L. Ranvier*, Traité technique d'histologie. Paris. 1878. S. 777; *Richet*, a. a. O. S. 547—549.

[10]) *Fredericq* u. *Vanderelde*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2 Sér. T. 47. 1879. S. 771—797 u. Arch. de zool. exp. et gén. T. 8. 1881. p. 513—520.

[11]) *Cl. Bernard*, Tissus vivants. Paris. 1866. p. 210.

[12]) Ueber die phyſiologiſche Identität der motoriſchen und ſenſibelen Nerven vgl.: *L. Hermann*, Handbuch der Phyſiol. des Nervenſyſtems. Leipzig. 1879. S. 9—14; *Richet*, a. a. O. p. 619, 629 u. 652; *R. Heidenhain*, Arch. f. Phyſiol. 1883. Supplement. S. 133—177.

[13]) Ohne ſonderlichen Erfolg ſind chemiſche Unterſuchungen an den Nerven Wirbelloſer von *C. Schmidt* (Zur vergl. Phyſiol. d. Wirbelloſen. 1845. S. 18), von *Leconte* und *E. Faivre* (Compt. rend. T. 45. 1857. p. 628—630) ſowie von *E. Yung* (Arch. de zool. exp. et gén. T. 7. 1878. p. 526—530) ausgeführt. Indem ich auf das über die chemiſchen Nervenreize auf S. 328 Geſagte verweiſe, ſei noch einiger Angaben von *A. Vulpian* (Leçons etc. p. 81 u. 759) gedacht. Dieſer Forſcher beobachtete, daß das Glycerin auf die nervöſen Gebilde des Flußkrebſes wie auf die des Froſches als ſtarker Reiz wirkt, daß dagegen der bei Helix vom untern Schlundganglion entſpringende Nerv ſowohl mechaniſch wie electriſch, aber nicht durch Glycerin zu reizen iſt, und daß

der Iſchiadicus einer Wanderratte (Surmulot) nur ſchwach durch Glycerin erregt wird. *Vulpian* ſchließt aus dieſen Befunden, daß die Beſchaffenheit der Nerven in verſchiedenen Thierklaſſen Unterſchiede aufweiſt, welche charakteriſtiſch genug ſind und ſich mit den hiſtiologiſchen Unterſchieden keineswegs decken.

[14]) Ueber Hemmungsnerven vgl.: *Heidenhain,* a. a. O.; *M. v. Frey,* Arb. a. d. phyſiol. Anſtalt zu Leipzig. Jahrg. 11. 1877. S. 89; *J. Pawlow,* Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 37. 1885. S. 6—31.

[15]) Literatur über die trophiſchen Nerven:

E. Brücke, Vorleſungen über Phyſiol. Bd. 2. Wien. 1873. S. 23—24; *Sigmund Mayer,* Specielle Nervenphyſiol. in *Hermann's* Handb. d. Phyſiol. Bd. 2. Th. 1. Leipzig. 1879. S. 201—216; *Krukenberg,* Vgl. phyſiol. Studien. 1. Reihe. 2. Abth. 1880. S. 85—92, 2. Reihe. 1. Abth. 1882. S. 35 ff.; *C. Semper,* Reiſen im Archipel der Philippinen. Th. 1. Bd. 1. Holothurien. Leipzig. 1868. S. 171 u. 172; *R. Koppe,* Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 3. 1875. S. 278 u. 299.

[16]) Vgl. *Krukenberg,* Vgl. phyſiol. Studien. 1. Reihe. 3. Abth. 1880. S. 31 Anm. 1.

[17]) Die noch ganz räthſelhaften Folgebeziehungen früherer zu ſpäteren Vorgängen in den Pflanzen, auf welche beſonders *Decandolle* (Pflanzenphyſiologie. 1833. S. 18 ff.) die Aufmerkſamkeit lenkte, laſſen vielleicht vermuthen, daß auch im Thierkörper zahlreiche Proceſſe lediglich durch den Verband aſſimilirender Zellen eine auffallendere und in Folge gewiſſer Eigenthümlichkeiten des Protoplasmas auch eine regelmäßig wiederkehrende Beeinfluſſung erleiden, welche nur mit Unrecht auf nervöſe Erregungen bezogen werden. Bekanntlich fahren unſere Obſtbäume, in die gemäßigten Gegenden der ſüdlichen Halbkugel verſetzt, noch einige Jahre hindurch fort, genau um die Zeit zu blühen, die unſerm Frühling entſpricht und das Umgekehrte findet ſtatt, wenn man gewiſſe Bäume der ſüdlichen Hemiſphäre nach Europa bringt. In ähnlicher Weiſe findet ſowohl bei den Laubblättern wie auch bei den meteoriſch beweglichen, für Lichtſchwankungen empfindlichen Blüthen eine Nachwirkung derart ſtatt, daß ſich in conſtanter Finſterniß die durch den früheren Wechſel von Tag und Nacht veranlaßte Tagesperiode der Bewegung noch einige Zeit fortſetzt (*J. Sachs,* Lehrb. d. Botanik. 4. Aufl. Leipzig. 1874. S. 847 u. 849). Der Eintritt des Hungergefühls genau zu der Stunde, in welcher man ſich zu ſpeiſen gewöhnt hat, die leiſe Steigerung der Pulsfrequenz an Faſtentagen genau um die Zeit, in der man das Mahl einzunehmen pflegte (*Lichtenfels* und *Fröhlich,* Denkſchr. der Wiener Acad. Bd. 3; *F. Goltz,* Tagebl. d. Naturforſcherverſ. zu Baden-Baden. 1879. S. 131), der ausgeprägte Rhythmus der Fieberanfälle, der Krämpfe und der Blutungen (cf. *Uhle-Wagner,* Handb. d. allg. Pathol. 7. Aufl. Leipzig. 1876. S. 23) erinnern zu ſehr an die erwähnten

periodiſchen Erſcheinungen in der Pflanzenwelt, als daß ſie ohne Weiteres auf Nerveneinfluß bezogen werden könnten. Gebe ich nun aber auch zu, daß beſonders Vorgänge wie die erwähnten, leicht und immer wieder die Exiſtenz trophiſcher Nerven, wenn nicht gar die Anweſenheit wandernder Mikrococcencolonieen vortäuſchen werden, ſo halte ich doch an der Annahme, daß ſolche Nerven thatſächlich vorkommen können, aus den im Texte angeführten Gründen unbedingt feſt und verweiſe zugleich auf die in Anm. 15 citirte Auseinanderſetzung *Brücke's*.

[18]) Vgl. *C. Eckhard* in *Hermann's* Handb. d. Phyſiol. Bd. 2. Th. 2. Leipzig. 1879. S. 15—21. — In den automatiſch thätigen Herzen von Wirbelthierembryonen ſowie in dem Herzen von Helix pomatia (cf. *R. Kobert*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 20. 1885. S. 92—115) haben wir dagegen Organe, welche ſich ohne die Anweſenheit von Ganglienzellen rhythmiſch zu contrahiren vermögen.

[19]) Ueber die pendelartigen Bewegungen des Fußes von Carinaria mediterranea vgl.: *Krukenberg*, Vgl. phyſiol. Studien. 1. Reihe. 3. Abth. S. 177—180; *A. Coſta*, Ann. d. scienc. nat. T. 16. 1829. p. 107—109; *A. Vulpian*, Leçons sur la phyſiol. gén. et comp. du système nerveux. Paris. 1866. p. 762.

[20]) Vgl. *C. Eckhard*, a. a. O. S. 117 u. 118.

[21]) *Cl. Bernard*, Leçons sur les phénom. de la vie etc. T. 1. 1878. p. 151.

[22]) *Cl. Bernard*, Tissus vivants. Paris. 1866. p. 123 u. 173.

[23]) Dem Folgenden liegen mehrfach Notizen zu Grunde, welche ich vor mehreren Jahren in den Vorleſungen meines verehrten Lehrers niederſchrieb. Von *F. Goltz's* neueren Schriften ſeien genannt: Ueber die moderne Phrenologie. Deutſche Rundſchau. Jahrg. 12. 1885. S. 263—283 u. S. 361—375 ſowie ſein Bericht über Verſuche an Hunden in dem Tagebl. d. 58. Verſ. d. Naturf. u. Aerzte in Straßburg. 1885. S. 414 u. 415.

[24]) Des Näheren vgl. *Sigm. Exner* in *Hermann's* Handb. d. Phyſiol. Bd. 2. Th. 2. Leipzig. 1879. S. 193 ff.

[25]) Vgl. *S. Exner*, a. a. O. S. 308—350.

[26]) Bezüglich eines Beiſpieles für das ſehr unterſchiedliche Verhalten naheſtehender Species gegen Gifte verweiſe ich auf das über Rana temporaria und R. esculenta Geſagte (S. 326). Die Skeletmuskeln beider Fröſche verhalten ſich auch bei einer reinen Bleivergiftung ſehr ungleich reſiſtent (*E. Harnack*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 9. 1879. S. 166 u. 172) und, obſchon gegen Apomorphin kein Unterſchied zu conſtatiren war (*E. Harnack*, ibid. Bd. 2. 1874. S. 299), ſo glaubt doch *Harnack* (ibid. Bd. 9. S. 166), daß dieſes verſchiedene Verhalten der beiden Froſcharten gegenüber der Einwirkung von Muskelgiften ein ganz durchgehendes und charakteriſtiſches ſei. Daß ſich

die Differenz auch auf den Herzmuskel erſtreckt, lehren z. B. folgende Verſuche von *Koppe* (ibid. Bd. 3. S. 275 u. 276): Schon bei Anwendung von $^1/_{10}$ mgr Digitoxin erzielte dieſer Forſcher bei Rana temporaria einen ſyſtoliſchen Herzſtillſtand, während es dazu bei Rana esculenta 1—$1^1/_2$ mgr bedurfte, und ebenſo führten bei erſterer Froſchart ſchon $^1/_4$—$^1/_3$ mgr Digitalin reſp. Digitalein, bei letzterer hingegen erſt 1—$1^1/_2$ mgr dieſer Subſtanzen einen ſyſtoliſchen Herzſtillſtand herbei.

[27]) Nicht nur bei den Durchblutungsverſuchen —, welche unter Anderem lehrten, daß beim Hunde die Nieren und vielleicht noch die Schweißdrüſen als die ausſchließlichen Bildungsſtätten der Hippurſäure (aus Benzoeſäure und Glykocoll) fungiren *(Schmiedeberg* u. *Bunge)*, beim Kaninchen dagegen auch die Muskeln und die Leber Hippurſäure aus Benzoeſäure und Glykocoll zu bilden vermögen *(W. Salomon)* — ſondern auch bei Fütterungsverſuchen ergaben ſich gravirendere Unterſchiede in den Stoffwechſelvorgängen. Wir ſehen hier natürlich ganz ab von den bemerkenswerthen Verſchiedenheiten, wie ſolche z. B. in der Umwandlung der Benzoeſäure zwiſchen Hühnern, von denen dieſelbe als Ornithurſäure, und den Säugern, wo ſie als Hippurſäure ausgeſchieden wird, beſtehen, und berühren allein die Differenzen im Stoffumſatze, welche verſchiedene Säugethierſpecies darbieten. Diesbezügliche Beiſpiele hat kürzlich *J. Munk* (Verhandl. d. phyſiol. Geſ. zu Berlin. 1880—81. No. 17. S. 69—74) geſammelt, und es ſcheint hiernach viel davon abzuhängen, ob das betreffende Verſuchsthier ein Pflanzen- oder ein Fleiſchfreſſer iſt. So ſetzt beim Hunde eine Steigerung *(A. Auerbach)*, beim Pferde eine Herabſetzung der Alkalescenz des Blutes die Oxydation des Phenols herab; beim Kaninchen wird von dem in den Magen eingeführten Taurin der größte Theil geſpalten und in unterſchweflige Säure und Schwefelſäure umgewandelt, während beim Menſchen ein großer Theil, beim Hunde ein kleiner Theil zu Taurocarbaminſäure wird; anorganiſche Säuren binden bei Herbivoren fixe Alkalien, Kali, Natron *(Salkowski)*, bei Carnivoren Ammoniak *(Walther)* u. ſ. w. Am Menſchen machten ſich individuelle Schwankungen bei Zufuhr von Sarkoſin (cf. *E. Drechsel* in *Hermann's* Handb. d. Phyſiologie. Bd. 5. Th. 2. 1883. S 520) geltend; dieſes erſcheint bei dem einen Individuum faſt in ganzer Menge unverändert im Harne wieder, während es bei einem anderen wenigſtens zum Theil in Methylhydantoin, beziehungsweiſe in Methylhydantoinſäure umgewandelt wird. Der Cyſtinurie liegen wahrſcheinlich ebenfalls gewiſſe Familiendispoſitionen zu Grunde und wie *E. Salkowski* hervorhebt, finden ſich der *Baumſtark*'ſche Körper ($C_3H_8N_2O_8$) ſowie die Urocaninſäure ($C_{12}H_{12}N_4O_4 + 4$ aq.) von *Jaffé* auch nicht im Harne eines jeden Hundes vor.

[28]) *L. Landois*, Arch. f. path. Anat. Bd. 35. 1866. S. 575—599.

[29]) Vgl. *L. Exner*, a. a. O. S. 342—350.

[30]) Vgl. *J. Steiner*, Grundriß der Phyſiol. des Menſchen. 2 Aufl. Leipzig. 1883. S. 405.

[31]) *J. Steiner*, a. a. O. S. 407.

[32]) Wir verdanken *C. Chun* (Ctenophoren. Fauna u. Flora des Golfes von Neapel. Leipzig. 1880. S. 174) die merkwürdige Thatſache, daß das Centralnervenſyſtem bei ſeinem erſten Auftreten unter den Meduſen in Geſtalt eines Gehörorgans die Regulation der Ortsbewegung übernimmt. Gewiß mit Recht erinnert *Chun* an die Uebereinſtimmung, welche ſich hierin zwiſchen der Beroe und den halbcircelförmigen Canälen höherer Thiere (nach *Flourens* Unterſuchungen) ausſpricht.

[33]) *C. Claus*, Grundzüge d. Zoologie. 3. Aufl. Marburg u. Leipzig 1876. S. 1055.

[34]) *O. Soltmann*, Jahrb. f. Kinderheilkunde. N. F. Bd. 9. S. 106, Centralbl. f. d. med. Wiſſ. 1875. No. 14 u. Ueber einige phyſiol. Eigenthümlichk. der Muskeln u. Nerven des Neugeborenen. Habilitationsſchrift. Breslau. 1877.

[35]) Ob es ſich hierbei jedoch um eine wirkliche Automatie und nicht vielmehr um einen reinen Reflexact handelt, iſt durch neuere Unterſuchungen ſehr fraglich geworden.

[36]) Vgl. *Richet*, a. a. O. S. 541.

[37]) *Armand Moreau*, Compt. rend. de la soc. de biologie. 2 Sér. T. 5. 1858. p. 97, 3 Sér. T. 1. 1859. p. 107 u. T. 2. 1860. p. 159.

[38]) Ueber Pfropfhybride im Pflanzenreiche vgl. *V. Henſen*, Phyſiologie d. Zeugung in *Hermann's* Handb. d. Phyſiol. Bd. 6. Th. 2. 1881. S. 150; *W. Neubert*. Tagebl. d. Naturforſcherverſ. zu Baden-Baden. 1879. S. 215.

[39]) Aber auch bei den Transfuſionen (vgl. *L. Landois*, Die Transfuſion des Blutes. Leipzig. 1875 u. Beiträge z. Transfuſion des Blutes. Leipzig. 1878) fällt der Gattungscharakter der Verſuchsthiere ſchwer in's Gewicht. Kaninchenblut einem Hunde injicirt wird in der neuen Blutbahn ſchnell zerſtört und ebenſo raſch zerfällt dem menſchlichen Organismus infundirtes Lammblut, während die Transfuſion bei Hund und Fuchs wie bei Pferd und Eſel keine das Leben bedrohende Folgen mit ſich bringt.

[40]) *Beudant*, Ann. de chimie. T. 2. 1816. p. 52; *Czerny*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 5. 1869. S. 158; *F. Plateau*, Mém. de l'acad. r. de Belgique. T. 36. 1870 u. Bull. d. l'acad r. de Belgique. T. 34. 1872. No. 9 u. 10. — Vgl. auch: *C. Semper*, Die natürl. Exiſtenzbedingungen der Thiere. Th. 1. Leipzig. 1880. S. 173—217.

[41]) Ueber Pfropfverſuche an Thieren (von *P. Bert*, *Paget* etc.) und über die Wiederanheilung ganz oder faſt ganz vom Körper getrennter Theile vgl. *H. Milne Edwards*, Leçons sur la physiologie etc. T. 8. Paris. 1863. p. 274—277; *Ehle-Wagner*, a. a. O. S. 485 ff., S. 505 u. 636.

[42]) Wichtigere Literatur über Regenerationsverſuche:

Wirbelthiere: *H. Müller*, Verhandl. d. phyſik.-medic. Geſellſch. zu Würzburg. Bd. 2. 1852. S. 66; *Vulpian*, Compt. rend. de la soc. de biologie. 2 Sér. T. 5. 1858. p. 81 u. T. 6. 1859. p. 7; *Philippeaux*, Compt. rend. de l'acad. 1866 u. 1867, 1873—1876; *A. Götte*, Amtl. Ber. d. Naturforſcherverſ. in München. 1877. S. 172; *O. Fraiſſe*, Tagebl. d. Naturforſcherverſ. zu Baden-Baden. 1879. S. 223—225; *Fleſch*, ibid. S. 225.

Mollusken. *Spallanzani*, Prodromo di un'opera sopra le reproduzioni animali. 1768. p. 60; *Bonnet*, Journ. de physique. T. 10. 1777. p. 169; *Dugès*, Traité de physiol. comp. T. 3. 1839. p. 190; *Moquin-Tandon*, Hist. nat. des Mollusques terr. et fluv. de France. p. 274; *J. Carrière*, Tagebl. d. Naturforſcherverſ. zu Baden-Baden. 1879. S. 225—226.

Würmer. *Réaumur*, Mém. pour servir à l'hist. des insectes. 1742. T. 6. Préface. p. 64; *Bonnet*, Traité d'insectologie etc. 1745. T. 2; *Dugès*, Ann. d. scienc. nat. T. 15. 1828. p. 167 u. 316; *J. d'Udekem*, Mém. couronnés de l'acad. de Belgique. T. 26.

Echinodermen. *Réaumur*, a. a. O. Préface. p. 61; *Dujardin* und *Hupe*, Hist. nat. des zoophytes échinodermes. 1862. p. 20; *E. Haeckel*, Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 30. Suppl. 1878. S. 424—445; *Dalyell*, British associat. for the adv. of science. 1840. Trans. p. 139. Glasgow.

Coelenteraten. *Trembley*, Abh. z. Geſch. einer Polypenart. Deutſch von *Goeze*. Quedlinburg. 1775; *Disquemare*, Philos. Transact. 1773. p. 371; *Dalyell*, Rare and remarkable animals of Scotland. 1848. T. 2. p. 230; *E. Haeckel*, Biol. Studien. Heft 1. 1870. S. 22; *Th. Eimer*, Die Meduſen. Tübingen. 1878. S. 48—51. — *Laurent*, Voyage de la Bonite. Zoophytologie. p. 133.

Protozoen. *Trembley*, Philos. Transact. 1744. T. 44. p. 627; *Schneider*, Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1854. S. 204; *Claparède* u. *Lachmann*, Étude sur les Infusoires et les Rhizopodes. 3me Partie. p. 209.

Vgl. ferner: *H. Milne Edwards*, a. a. O. T. 8. 1863. p. 299—311.

[43]) *Cl. Bernard*, Tissus vivants. 1866. p. 149.

[44]) *Krukenberg*, Vgl. phyſiol. Studien. 1. Reihe. 1. Abth. 1880. S. 8.

[45]) *A. Schneider*, Unterſ. über Plathelminthen. Gießen. 1873; *Arn. Lang*, Die Polycladen. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. 11 Monogr. Leipzig. 1884. S. 80 u. 81; *Jïao Jijima*, Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 40. 1884. S. 381.

[46]) Ueber die Innervationsverhältniſſe bei den Scheibenquallen vgl.: *Th. Eimer*, Verhandl. d. phyſik.-medic. Geſ. zu Würzburg. N. F. Bd. 6. 1874, Amtl. Bericht d. Naturforſcherverſ. zu München. 1877. S. 182—186, Die Meduſen. Tübingen. 1878; *G. J. Romanes*, Philos. Transact. Vol. 166. 1876. p. 269—313, Vol. 167. 1877. p. 659—752 u. 1880. p. 161—202; *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 1. Reihe. 3. Abth. 1881. S. 124—146.

47) *Krukenberg*, ibid. S. 144; *O.* u. *R. Hertwig*, Sitzungsb. d. Jenaiſchen Geſ. f. Medicin u. Naturwiſſ. Sitzung vom 4 Juli 1879 und Die Actinien. Jena. 1879.

48) Ueber Ctenophoren vgl.: *Th. Eimer*, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 17. 1880. S. 213—240; *Krukenberg*, a. a. O. S. 1—22; *C. Chun*, Die Ctenophoren etc. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. Leipzig. 1880 und Biolog. Centralbl. Bd. 2. 1882. S. 5—16.

49) Die Effecte, welche die Durchſchneidungen an Meduſen und Ctenophoren nach ſich ziehen, erinnern an diejenigen, welche beim Anlegen der *Stannius*'ſchen Ligatur am Froſchherzen (cf. *Aubert*, Innervation der Kreislaufsorgane in *Hermann*'s Handbuch der Phyſiologie. Bd. 4. Th. 1. 1880. S. 364) beobachtet werden. Bei den Scheiben- und Rippenquallen treten unmittelbar nach der Durchſchneidung die Erſcheinungen einer Reizung auf und erſt verhältnißmäßig ſpät machen dieſe dem durch den Ausfall der Centren geſchaffenen Lähmungszuſtande Platz.

50) Ich laſſe es hier dahin geſtellt, inwiefern das Vorgetragene den neueren Anſchauungen über die Hemmungsnerven (S. 405) gemäß einer Modification bedürftig erſcheinen muß.

51) Literatur zur Nervenphyſiologie der Echinodermen:

Comatula. *W. B. Carpenter*, Proc. of the r. soc. Vol. 24. No. 166. 1876. p. 226—227 u. No. 169. p. 451—455; *Krukenberg*, a. a. O. 2 Reihe. 1 Abth. 1881. S. 81 u. 82.

Echiniden. *Fredericq*, Compt. rend. T. 83. 1876. p. 860—862 u. p. 908 bis 910; *G. J. Romanes* u. *J. C. Ewart*, Proc. of the r. soc. Vol. 32. No. 212. 1881. p. 5—11 u. Philos. Transact. 1881. Part. 3 p. 829—885; *Romanes*, Jelly-fish, star-fish and sea-urchins. London. 1885. p. 276—293 u. p. 301—323.

Afteroiden. *Fr. Tiedemann*, *Meckel*'s Archiv f. Phyſiol. Bd. 1. 1815. S. 161—175; *A. Vulpian*, Compt. rend. de la soc. de la biologie. 3 Sér. T. 3. Année 1861. Paris. 1862. p. 189—196; *Krukenberg*, a. a. O. S. 76—82; *Romanes*, a. a. O. p. 267—276 u. p. 294—301; *J. Steiner*, Arch. f. Phyſiologie von *du Bois Reymond*. 1875. S. 145.

52) *A. v. Heider*, Cerianthus membranaceus. Sep.-Abdr. a. d. 79 Bd. d. Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. 1 Abth. 1879. S. 45.

53) Aeltere Arbeiten über die Nervenphyſiologie der Würmer:

Ch. Bonnet, Oeuvres d'hist. nat. et de philosophie. T. 1. Neufchâtel. 1779. p. 117—258; *Thomas*, Mém. pour servir à l'hist. nat. des Sangsues. 1806. p. 87; *A. Moquin-Tandon*, Monographie des Hirudinées. Paris. 1846. p. 74; *Lockhart-Clarke*, Ann. of nat. hist. 1857. p. 250; *Quatrefages*, Histoire nat. des Annelés. T. 1. 1865. p. 87.

54) *N. Kleinenberg*, Ann. and magaz. of nat. hist. 5 Ser. Vol. 9. No. 49. 1882. p. 67 u. Archives italiennes de biologie. T. 1. 1882. p. 63—77.

55) *Krukenberg*, a. a. O. 1 Reihe. 1 Abth. 1880. S. 82—116; *A. Guillebeau* u. *B. Luchſinger*, Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 28. 1882. S. 1—60; *Krukenberg*, a. a. O. 2 Reihe. 3 Abth. 1882. S. 116—122.

56) *J. Armauer Hanſen*, Arch. de physiol. norm. et pathолog. 3 Sér. 13 Année. 1881. p. 739—741.

57) *B. Luchſinger*, Zur allg. Phyſiol. der irritabelen Subſtanzen. Bonn. 1879.

58) Unterſuchungen, welche nur die Frage nach der Gültigkeit des *Bell*'ſchen Lehrſatzes betreffen: *G. Newport*, Philos. Transactions. 1834. p. 407 u. 408; *Grant*, Lancet. 1834. Juli; *J. Müller*, Handb. d. Phyſiol. des Menſchen. Bd. 1. 4 Aufl. Coblenz. 1844. S. 579; *Valentin*, De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici. Berne. 1839. p. 7 ff.; *F. A. Longet*, Traité de physiol. T. 2. P. 2. Paris. 1850. p. 14; *A. Vulpian*, Leçons etc. p. 143 u. 144.

Speciellere Unterſuchungen über die Nervenphyſiologie der Arthropoden:

Cruſtaceen. *H. Milne Edwards*, Hist. nat. des Cruſtacés. Paris. 1849. T. 1. p. 149; *Longet*, l. c. T. 2. P. 2. p. 11—15; *Vulpian*, l. c.; *Owsjannikow*, Mém. de l'acad. imp. de. St. Pétersbourg. 6. Sér. T. 7. 1863. No. 10; *Lemoine*, Ann. d. scienc. nat. 5. Sér. T. 9. 1868. p. 204; *E. Yung*, Compt. rend. T. 88. 1878. p. 347—349 u. Arch. d. zool. exp. et gén. T. 7. 1878. p. 459—526; *T. H. Huxley*, Der Krebs. Leipzig. 1881. S. 92—95; *J. Ward*, Journ. of physiol. Vol. 2. 1879—80. p. 214—227.

Inſekten. *J. R. Rengger*, Phyſiol. Unterſ. üb. d. thier. Haushaltung d. Inſekten. Tübingen. 1817. S. 40—43; *C. A. Walckenaer*, Mém. pour servir à l'hist. des abeilles solitaires. Paris. 1817. p. 39; *G. R. Treviranus*, Das organiſche Leben, neu dargeſtellt. Bremen. 1831. Bd. 2. Abth. 1. S. 192; *H. Burmeiſter*, Handb. d. Entomologie. Bd. 1. Berlin. 1832. S. 516—526; *Badham*, The question concerning the sensibility, intelligence and instinctive actions of insects. Paris. 1837; *Dujardin*, Ann. d. scienc. nat. 3 Sér. T. 14. 1850. p. 196; *A. Yerſin*, Bull. de la soc. vaudoise d. scienc. nat. T. 5. 1856—57. No. 39. p. 119 u. No. 41. p. 185, Compt. rend. T. 44. 1857. p. 912—915; *E. Faivre*, Compt. rend. T. 44. 1857. p. 721—722, Ann. d. scienc. nat. 4. Sér. T. 8. 1857. p. 245—274, Compt. rend. T. 45. 1857. p. 2—5, Ann. d. scienc. nat. 4. Sér. T. 9. 1858. p. 23—51, T. 13. 1860. p. 321—336, T. 17. 1862. p. 329—361, 5. Sér. T. 1. 1864. p. 89—104, Compt. rend. T. 51. 1860. p. 530—533, T. 56. 1863. p. 472—475, T. 80. 1875. p. 739—741, p. 1149—1153 u. p. 1332—1335; *Baudelot*, Compt. rend. T. 58. 1864. p. 1161—1164, Ann. d. scienc. nat. 5. Sér. T. 2. 1864. p. 45—48; *Doenhoff*, Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1875. S. 47; *E. Fleiſchl*, Centralbl. f. d. medic. Wiſſ. 1875. S. 469—470; *B. Luchſinger*, Arch. f. d. ges. Phyſiol. Bd. 23. 1880. S. 308—312; *Fél. Plateau*,

Bull. de l'acad. r. de Belgique. 3 Sér. T. 3. 1882. No. 6 u. Recherches expér. sur les mouvements respiratoires des insectes. Bruxelles. 1884.

Mit der Frage nach der Homologie reſp. der Analogie des Bauchſtranges der Articulaten mit dem Cerebroſpinal- reſp. dem ſympathiſchen Nervenſyſteme der Wirbelthiere beſchäftigten ſich: *Leydig*, Lehrb. d. Hiſtiologie. Hamm. 1857. S. 186; *Reil*, Archiv von *Reil* u. *Autenrieth*. Bd. 7. S. 190; *Ackermann*, De nervosi systematis primordiis commentatio. Heidelbergae. 1813; *Bichat*, Anatomie générale. Paris. 1812. T. 1. p. 243; *Scarpa*, Annot. anatom. Lib. 1. De nervorum gangliis anat. Pavia. 1784. p. 38; *Blumenbach*, Handb. d. vgl. Anat. Göttingen. 1805. S. 315; *Cuvier*, Leçons d'anat. comp. T. 2. Paris. 1808. p. 299 ff. u. Mém. pour servir à l'hist. et à l'anat. des mollusques. Paris. 1817; *Gall*, Anat. et physiol. du syst. nerveux. T. 1. Paris. 1810. p. 109; *Meckel*, Handb. d. menſchl. Anat. Bd. 1. Halle. 1815. S. 341 u. *Meckel's* Archiv. Bd. 1. 1815. S. 11; *Walther*, Phyſiologie. Bd. 2. § 563; *Dugès*, Physiologie comp. T. 1. Montpellier. 1838. p. 79 u. 81; *Leuret*, Anat. comp. du syst. nerv., considéré dans ses rapports avec l'intelligence. T. 1. Paris. 1839. p. 46; *E. H. Weber*, Anat. comp. nervi sympathici. Lipsiae. 1817. p. 95; *Serres*, Anat. comp. du cerveau. Paris. 1827. T. 1. p. 254, 400 u. 508, T. 2. p. 45; *Treviranus*, Journ. compl. des scienc. médic. T. 18. p. 250; *Vulpian*, Leçons etc. p. 780 ff.; *Longet*, a. a. O. T. 2. p. 650.

[59]) Die hinſichtlich der Reſpiration der Inſekten in Betracht kommenden neurophyſiologiſchen Ergebniſſe der Sektionsverſuche hat *Fél. Plateau* (Recherches expér. sur les mouvements respirat. des insectes. Bruxelles. 1884. p. 215) in folgender Tabelle zuſammengefaßt:

Beobachter	Species	Ausgeführte Operation	Wirkung auf die Reſpirationsbewegungen
Faivre	Dytiscus	Durchſchneidung der Connective zwiſchen prothoracalem und unterem Schlundganglion	Sofortige Schwächung
Barlow	Gryllus	Enthauptung	Schwächung und Verlangſamung.
»	Libellula		
F. Plateau	Hydrophilus	Zerſtörung der oberen Schlundganglien	Tiefenabnahme der Athemzüge und ſchwache Verlangſamung derſelben.

Beobachter	Species	Ausgeführte Operation	Wirkung auf die Reſpirationsbewegungen
F. Plateau	Dytiscus	Enthauptung	Abnahme an Tiefe, Beſchleunigung
		Zerſtörung der oberen Schlundganglien	
»	Carabus	Enthauptung	Schwaches Flacherwerden der Athemzüge
»	Oryctes		Nach 15 Min. Abnahme an Tiefe
»	»	Durchtrennung des Bauchſtranges zwiſchen meſo- und metathoracalem Ganglion	Schwächung
»	Geotrupes	Enthauptung	Augenblickliche Beſchleunigung
»	Libellula		Leichte Verlangſamung
»	Aeschna	Durchſchneidung des Bauchſtranges an der Baſis des Abdomens	Tiefenabnahme der Athemzüge u. leichte Verlangſamung
»	Stethophyma		Verlangſamung
»	»	Zerſtörung der metathoracalen Ganglien	
»	Stenobothrus	Durchtrennung des Bauchſtranges an der Baſis des Abdomens	
Langendorff	Melolontha	Enthauptung	
»	Libellula		

[60]) Sehr lehrreich und, worauf ſchon *Vulpian* (Leçons etc. p. 793) hinwies, in vollem Einklange mit den Anſchauungen *Faivre*'s über die reſpiratoriſche Bedeutung des Ganglion metathoracicum ſind die Beobachtungen, welche

L. Dufour (Ann. d. scienc. nat. 2. Sér. T. 15) und *Fabre* (ibid. 4. Sér. T. 4. p. 129) an Sphex, Cerceris und an anderen Sphecinen angeſtellt haben. Um ihren Larven die Nahrung zu ſichern, bohren dieſe Grabweſpenarten erbeuteten Grillen, Fliegen oder Kornwürmern ihren Stachel in den Bauchſtrang und vernichten deſſen Funktionen auf eine ſehr einfache Weiſe dadurch, daß ſie einen ätzenden Stoff über das zerſtörte Gewebe hinüberfließen laſſen. Die ſo operirten Inſekten, welche meiſtens ſolchen Arten angehören, bei denen die Ganglien ſehr genähert liegen, führen alsdann gleichſam ein latentes Leben, und ſowohl *Fabre* wie *Vulpian* iſt es an Fliegen, Grillen u. ſ. w. gelungen, durch Verletzung des Bauchſtranges und Einbringen von Ammoniak auch künſtlich dieſen lethargiſchen Zuſtand herbeizuführen. Führte man die Operation mit einer rein gehaltenen Nadel aus, ſo erzielte man dieſelbe Wirkung, und das zeigt wohl klar, daß das Weſentliche die traumatiſche Verletzung des Bauchſtranges und keine Intoxication iſt.

[61]) *E. Faivre,* Compt. rend. T. 80. 1875. p. 1149 — 1153.

[62]) *C. Gegenbaur,* Grundriß der vergl. Anatomie. Leipzig. 1874. S. 522.

[63]) Ziemlich alle Forſcher *(Bert, Colaſanti, Yung*, nicht aber *Klemenſiewicz),* welche Cephalopoden mit Strychnin vergifteten, haben die Behauptung aufgeſtellt, daß ſich an dieſen Thieren ein echter Strychnintetanus entwickele. Mir ſcheint es ſehr fraglich, ob man berechtigt iſt, die an den ſtrychniſirten Cephalopoden auftretenden Zuckungen als tetaniſche Krämpfe zu bezeichnen, zumal eine, durch das Strychnin herbeigeführte übernormale Empfindlichkeit bei dieſen Thieren nicht nachgewieſen iſt. Bemerkenswerth iſt die außerordentliche Empfänglichkeit aller Cephalopoden für Strychnin *(Bert, Krukenberg)*; in einer Strychninnitratlöſung von 1 : 40.000 beginnen an Eledone die typiſchen Symptome der Vergiftung ſofort.

[64]) *Krukenberg,* a. a. O. 1. Reihe. 3. Abth. S. 133 — 135.

V. Henſen's wenig bekannte Beobachtung einer geſteigerten Schallempfindung bei ſtrychniſirten Krebſen weiſt zwar auch bei dieſen Thieren auf ein Ueberempfindlichwerden durch das Strychnin hin. *Henſen* (Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 13. 1863. S. 395) ſagt: «Wenn man Palaemon antennarius in mit Strychnin verſetztes Salzwaſſer auf mehrere Stunden hineinbringt, läßt ſich der Nachweis ihrer Hörkraft noch beſſer führen. Dann erzeugen ſelbſt leiſe Töne im Hauſe, am Tiſche oder Glaſe Reflexe, und man kann das Thier durch wiederholte Töne in entſprechend häufigen Sprüngen im Glaſe umhertreiben. Dabei iſt bemerkenswerth, daß von der äußern Antenne ein Reflex nicht leicht kommt. Wenn das Thier, ſchon ſtark vergiftet, matt auf der Seite liegt, kann man es mit der Pincette an der äußern Antenne in die Höhe ziehen, das Glas heben und das Waſſer ſchütteln, es rührt ſich nicht; ſetzt man das Glas nieder und erregt damit oder ſonſtwie einen Ton, ſo reißt es

ſich mit einem mächtigen Schlage los, um machtlos zu Boden ſinken und dort in toniſchen Krämpfen ſich zu biegen. Die Thiere werden, nachdem ſie einzig noch athmend, aber faſt bewegungslos auf dem Boden des Glaſes liegen, ſich allmälig beleben, wenn man ſie in reines Waſſer ſetzt. Dann iſt es intereſſant, ſie zu beobachten, wenn ſie wieder anfangen zu ſchwimmen. Sie ſtreifen ungeſchickt im Glaſe umher; man achtet darauf, wenn ſie nirgends die Wandungen berühren und erzeugt einen Ton; augenblicklich wirft ein Sprung ſie auf den Boden des Gefäßes, wo ſie ruhig auf der Seite liegen bleiben. Richtet man ſie auf, ſo hat das keinen Reflex zur Folge, ſondern ſie fangen von Neuem an zu ſchwimmen und das Spiel kann wiederholt werden. Uebrigens ſtellt ſich ſelbſt während der Strychninvergiftung eine gewiſſe Abſtumpfung gegen den Ton ein, die erſt nach einiger Ruhe wieder verſchwindet.»

Jenen durch Muskelcontracturen bewirkten Zerſtückelungsact, welchem viele Anneliden, Synapten und in beſchränkterem Grade auch Krebſe und Saurier (Anguis, Lacerta) bei äußeren Inſulten ausgeſetzt ſind, habe ich (Vgl.-phyſiol. Studien. 1 Reihe. 1 Abth. 1880. S. 128 u. 129) als eine dem Opiſthotonus der Wirbelthiere vergleichbare Krampfform aufgefaßt. Später hat *L. Fredericq* (Arch. de zool. expér. et gén. 2. Sér. T. 1. 1883. p. 413 — 426), ohne meine Verſuche und Angaben, mit welchen die ſeinigen vollkommen übereinſtimmen, irgendwie zu kennen, dieſen Selbſtzerſtückelungsvorgang («Autotomie» *Fredericq*'s) an Blindſchleiche und Krebſen ausführlicher beſchrieben und die Frage inſofern gefördert, als er nachwies, daß die Contracturen bei Krebſen ſich auch nach Zerſtörung des Schlundringes erhalten und von den Bauchganglien unterhalten werden. Eine ſolche Selbſtamputation der Gliedmaßen, welche, wie geſagt, auf tetaniſche Erregungen ſchließen ließe, habe ich nun aber bei einer Strychninvergiftung auch an dazu ſehr disponirten Krebsarten niemals auftreten ſehen, während dieſelbe bei einer Vergiftung mit Nicotin an geeigneten Krebsformen (z. B. bei Porcellana longicornis) ebenſo wie an Synapta digitata eine ganz regelmäßige Erſcheinung iſt (cf. *Krukenberg*, a. a. O. S. 120 u. 121).

[65]) Literatur über die Nervenphyſiologie der Mollusken:

Lamellibranchiaten. *J. Pawlow*, Arch. f. d. geſ. Phyſiologie. Bd. 37. 1885. S. 6 — 31.

Gaſtropoden. *Vulpian*, Leçons etc. p. 759 — 765; *H. v. Ihering*, Göttinger Nachrichten. 1876. No. 13. 28 Juli.

Cephalopoden. *P. Bert*, Compt. rend. T. 65. 1867. p. 300 — 303; *J. Chéron*, ibid. T. 66. 1868. p. 1163 — 1167 u. Recherches pour servir à l'hist. du syst. nerveux des Céphalopodes dibranchiaux. Thèse. Paris. 1866; *Owjannikow* u. *Kowalevsky*, Mém. de l'acad. imp. d. scienc. de St. Pétersbourg. 7. Sér. T. 11. 1867; *G. Colaſanti*, Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1876.

S. 480 — 500; *R. Klemenſiewicz*, Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiſſ. in Wien. Bd. 78. Abth. 3. 1878. Juni-Heft; *L. Fredericq*, Arch. de zool. expér. et gén. T. 7. 1878. p. 535 — 583.

[66]) Ueber die Curarewirkung an Mollusken vgl.: *Vulpian*, a. a. O. p. 762; *J. Bernſtein*, De animalium evertebratorum musculis nonnulla. Diss. inaug. Berolini. 1862. p. 30; *P. Bert*, a. a. O. p. 303; *J. Steiner*, Das amerikaniſche Pfeilgift Curare. Leipzig. 1877. S. 56 — 59; *Klemenſiewicz*, a. a. O.; *Colaſanti*, Contribuzione alla conoscenza della azione fisiologica del curaro. Roma. 1878. p. 6. note 1; *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 1 Reihe. 1 Abth. 1880. S. 17, 118 u. 119; *E. Yung*, Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. 3. 1881. S. 106 — 110 u. Arch. de zoolog. expér. et gén. T. 9. 1881. p. 431; *J. Richard*, Recherch. physiol. sur le coeur des gastéropodes pulmonés. Extrait de la Revue d'Auvergne. 1886.

[67]) *Engelmann*, Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 2. 1869. S. 243.

[68]) *J. Cohnheim*, Neue Unterſuchungen über die Entzündung. 1873. S. 25.

[69]) *Krukenberg*, Die eigenartigen Methoden der chem. Phyſiologie. Heidelberg. 1885.

[70]) *H. Aubert*, Die Innervation der Kreislaufsorgane. *Hermann*'s Handb. d. Phyſiol. Bd. 4. Th. 1. Leipzig. 1880. S. 341 — 460.

[71]) Ueber den Herzſchlag der Embryonen vgl.: *Prévoſt* u. *Lebert*, Ann. d. scienc. nat. Zoologie. 3. Sér. T. 2. 1844. p. 232 — 238; *C. Eckhard*, Zeitſchr. f. rat. Med. 3 Reihe. Bd. 29. 1867. S. 57; *W. His*, Unterſ. über d. erſte Anlage des Wirbelthierleibes. Leipzig. 1868. S. 100, 101 u. 151; *R. Wernicke*, Beitr. z. Phyſiol. d. embryonalen Herzens. Inaug.-Diſſ. Jena. 1876 u. Zur Phyſiologie des embryonalen Herzens. Jena. 1876; *Seth N. Jordan*, Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 8. 1878. S. 17; *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 153 Anm. 3 u. dieſe Vorträge. S. 17; *W. Preyer*, Specielle Phyſiologie des Embryo. Leipzig. 1885. S. 21 — 66; *R. Kobert* (u. *E. Ziegler*) Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 20. 1885. S. 104 — 115.

[72]) Nach den Angaben der meiſten Autoren iſt die Spitze des Froſchherzens ganglienfrei und ohne nervöſe Verbindung mit den oberhalb gelegenen Herztheilen. Muskelreize (z. B. Phyſoſtigmin, Temperaturerhöhungen und Producte, die in dem Muskel ſelbſt entſtehen) verſetzen aber auch die abgetrennte, ganglienfreie Froſchherzſpitze in rhythmiſche Bewegungen, und dieſe Erfahrungen, über welche *Aubert* (a. a. O. S. 369) wie *Kobert* (a. a. O. S. 95 ausführlicher berichten, dürften uns hinlänglich belehren, daß ſogar noch bei dem Froſche rhythmiſche Herzcontractionen unabhängig von ganglionären Elementen vor ſich zu gehen vermögen.

[73]) Die älteren Beobachtungen über den Einfluß des Vagus auf das Herz von Fiſchen ſind von *A. B. Meyer* (Das Hemmungsnervenſyſtem des Herzens. Berlin. 1869. S. 26 — 29) zuſammengeſtellt worden.

[74]) *Krukenberg,* Unterſ. a. d. phyſiol. Inſtitute d. Univerſität Heidelberg. Bd. 1. Heft. 4. 1878. S. 327 — 340 (vgl. hierzu: *L. Edinger,* Bericht über d. *Senkenberg*'ſche naturf. Geſellſch. 1884. S. 74) u. Bd. 4. Heft 1. 1881. S. 37 ff.

[75]) Für das Störherz liegt eine ältere Angabe von *H. Stannius* (Das peripheriſche Nervenſyſtem der Fiſche. Roſtock. 1849. S. 84) vor, welche beſagt, daß auf electriſche Reizung der Medulla oblongata und der Wurzeln des Vagus Herzſtillſtand eintritt.

[76]) Wichtigere Literatur über die Herzinnervation bei den Wirbellosen:

Gaſtropoden u. Lamellibranchiaten. *Vulpian,* Leçons etc. p. 762; *A. Brandt,* Bull. de l'acad. imp. des scienc. de St. Pétersbourg. T. 10. 1866. p. 552 — 561; *M. Foſter,* Arch. f. d. geſ. Phyſiol. Bd. 5. 1872. S. 191 — 195; *J. Dogiel,* Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877. S. 59 — 65 u. S. 478, Protocolle der Sectionsſitzungen der 5. Verſ. ruſſ. Naturforſcher und Aerzte zu Warſchau. 1876, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 15. 1878. S. 95 — 97; *M. Foſter* u. *A. G. Dew-Smith,* Proc. of the r. soc. 1875. p. 318 — 343 u. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877. S. 317 — 321; *Vulpian,* Compt. rend. T. 88. 1879. p. 1293 — 1297; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 172; *E. Yung,* Compt. rend. T. 93. 1881. p. 562 — 564 u. Arch. de zool. expér. et gén. T. 9. 1881. p. 421 — 432; *W. Biedermann,* Sitzb. d. math.-naturw. Klaſſe d. k. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 89. Heft 1 — 2. 1884. S. 19; *B. Ranſom,* Journ. of physiol. T. 5. 1884. p. 261; *R. Kobert,* Arch. f. exp. Path. u. Pharmak. Bd. 20. 1885. S. 102 u. 103.

Cephalopoden. Cf. unter Anm. 65.

Cruſtaceen. *C. G. Carus,* Von den äußern Lebensbedingungen der weiß- u. kaltblütigen Thiere. Leipzig. 1824. S. 72 — 85; *Ed. Weber,* Muskelbewegung. *R. Wagner*'s Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. 3. Abth. 2. 1846. S. 40; *E. H. Weber,* Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1846. S. 504 u. 505; *A. Brandt,* a. a. O. T. 8. 1865. p. 416 — 430; *Vulpian,* Leçons etc. p. 795; *C. Eckhard,* Beitr. z. Anat. u. Phyſiol. Bd. 4. Heft 1. Gießen. 1867. S. 33 — 48; *A. B. Meyer,* Das Hemmungsnervenſyſtem des Herzens. Berlin. 1869. S. 22 — 25; *J. M. Dogiel,* Compt. rend. T. 82. 1876; p. 1117 — 1120 u. p. 1160 — 1161, Arch. de physiol. norm. et pathol. 2 Sér. T. 6. 1877. p. 400 — 408; *Fél. Plateau,* Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2 Sér. T. 46. 1878, Archives de biologie. Vol. 1. 1880. p. 595 — 695; *E. Berger,* Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 74. 1876. 1 Abth. Oct.-Heft; *B. Deszö,* Zool. Anzeiger. Bd. 1. 1878. S. 126; *E. Yung,* Arch. de zool. expér. et gén. T. 7. 1878. p. 519 — 526; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 167 ff.; *Kobert,* a. a. O. S. 104.

Inſekten. *A. Brandt,* a. a. O. T. 10. 1866. p. 552 — 561. *V. Graber,* Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. Bd. 65. 1872. 1 Abth. März-Heft, Arch.

f. mikr. Anat. Bd. 9. 1873. S. 129—196, Die Inſekten. München. 1877. S. 337 ff.; *E. Faivre*, Compt. rend. T. 80. 1875. p. 1333 u. 1334; *Kobert*, a. a. O. S. 104.

Salpen. *Kuhl* u. *van Haſſelt*, Algemaene Konst- en Letterbode. 1822. T. 1. S. 115 u. 116 (überſetzt in Ann. d. scienc. nat. Zool. 2 Sér. T. 3. 1824. p. 78—81 u. Bull. des scienc. nat. de *Féruſſac*. T. 2. p. 212); *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 151—176 (mit Citaten der wichtigeren älteren Literatur).

[77]) *A. Vulpian*, Leçons sur la physiol. gén. et comp. du système nerveux. Paris. 1866. p. 761 u. 762.

[78]) *Fél. Plateau*, Archives de biologie Vol. 1. 1880 p. 642.

[79]) Cf. *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 2 Reihe. 1 Abth. 1882. S. 16 u. 17.

[80]) Ueber die Umkehr der Herzbewegung bei Würmern und den Embryonen nackter Pulmonaten vergl.: *J. F. P. Braun*, Syſtemat. Beſchreibung einiger Egelarten. Berlin 1805. S. 40; *Joh. Müller*, *Meckel*'s Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1828. S. 22—29; *E. H. Weber*, ibid. S. 399 u. 400; *A. E. Grube*, Zur Anat. u. Phyſiol. der Kiemenwürmer. Königsberg. 1838. S. 29. — *P. J. van Beneden* u. *Windiſchmann*, Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1841. S. 176—195; *Osc. Schmidt*, ibid. 1851. S. 278—290; *C. Gegenbaur*, Grundzüge der vgl. Anat. Leipzig. 1870. S. 544.

[81]) Bezüglich der älteren Schriften über den Farbenwechſel vgl. außer den Literaturverzeichniſſen in den unten angeführten neueren Abhandlungen die zuſammenfaſſenden Aufſätze von *E. Brücke* (Unterſ. über d. Farbenwechſel d. afrik. Chamäleons. Aus dem 4. Bd. d. Denkſchr. d. math.-nat. Klaſſe d. k. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. 1852), *H. Milne-Edwards* (Leçons sur la physiol. et l'anat. comp. etc. T. 10. Paris. 1874), *G. Seidlitz* (Beiträge zur Descendenz-Theorie. Leipzig. 1876. S. 1—36), *C. Semper* (Die nat. Exiſtenzbedingungen d. Thiere. Th. 1 u. 2. Leipzig. 1880) u. *H. A. Pagenſtecher* (Allgemeine Zoologie. Th. 4. Berlin. 1881).

Im Texte beſonders erwähnte Schriften über die Farbenwechſelapparate:

Cephalopoden. *Rud. Klemenſiewicz*, Beitr. z. Kenntniß des Farbenwechſels der Cephalopoden. Aus d. 78 Bd. d. Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. 3 Abth. 1878. Juni-Heft; *L. Fredericq*, Bull. de l'acad. r. de Belgique. 2 Sér. T. 46. 1878. p. 752—761; *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 1 Reihe. 1 Abth. 1880. S. 1—37; *E. Yung*, Mitth. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. 3. 1881. S. 97—120; *Krukenberg*, a. a. O. 2 Reihe. 1 Abth. 1882. S. 183 u. 3 Abth. 1882. S. 118; *P. Girod*, Arch. de zool. expér. et gén. 2 Sér. T. 1. 1883. p. 225—266.

Chamaleon. *P. Bert*, Compt. rend. T. 81. 1875. p. 938—941; *Krukenberg*, Vgl. phyſiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 23—65.

Batrachier. *H. v. Wittich, Müller*'s Archiv. 1854. S. 41—59 u. S. 257—264; *J. Liſter,* Philos. Transact. Vol. 148. 1859. S. 627—643; *F. Goltz,* Tagebl. der 44. Verſ. d. Naturf. u. Aerzte in Roſtock. 1871. S. 147 u. 148; *Henſche,* Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 7. 1856. S. 281 ff.; *F. Leydig,* Lehrb. d. Hiſtiologie. Hamm. 1857. S. 82; *L. Stieda,* Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1865. S. 59; *O. Szczesny,* Beiträge z. Kenntniß der Textur der Froſchhaut. Inaug.-Diſſert. Dorpat. 1867; *J. Steiner,* Unterſuchungen über d. Phyſiologie des Froſchhirns. Braunſchweig. 1885. S. 29; *C. Axmann,* Beitr. z. mikr. Anat. u. Phyſiol. des Ganglien-Nervenſyſtems etc. Berlin. 1853. S. 74 ff.; *E. H. Bimmermann,* Ueber d. Einfluß d. Nerven auf die Pigmentzellen des Froſches. Diſſert. Straßburg. 1878. — Vgl. auch: *F. Leydig,* Arch. f. mikr. Anat. Bd. 12. 1876. S. 119—241 u. *S. Ehrmann,* Ueber Nervenendigungen in d. Pigmentzellen d. Froſchhaut. Aus d. 84 Bd. d. k. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. 1881. 3 Abth. Juni-Heft.

Fiſche: *G. Pouchet,* Journ. de l'anat. et de la physiol. T. 8. 1872. p. 71—74, p. 401—407 u. T. 10. 1874. p. 558—560; *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 59—62 u. 2 Reihe. 1 Abth. 1882. S. 183.

Krebſe. *S. Jourdain,* Compt. rend. T. 87. 1878. p. 302—303; *P. Mayer,* Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. 1. 1879. S. 521—522; *G. Haller,* Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 33. 1879. S. 391; *G. Pouchet,* Journ. de l'anat. et de la physiol. T. 8. 1872. p. 401—407; *H. Eiſig* citirt von *Schmidtlein,* Mitth. a. d. zool. Station zu Neapel. Bd. 1. 1879. S. 513.

[82]) *San Giovanni,* Ann. d. scienc. nat. T. 16. 1829. p. 313 u. 314.

[83]) Cf. *Krukenberg,* Vgl.-phyſiol. Studien. 2 Reihe. 1 Abth. 1882. S. 11 ff.

[84]) *A. Kölliker* u. *H. Müller,* Zeitſchr. f. wiſſ. Zool. Bd. 4. S. 332; *C. Gegenbaur,* Unterſuchungen über Pteropoden u. Heteropoden. Leipzig. 1855. S. 56—59.

[85]) Die Pigmentkörper der Chromatophoren bei den Cephalopoden müſſen nach den Beobachtungen von *Klemenſiewicz* und *Girod* als kernhaltige Zellen aufgefaßt werden, die in ihrer bedeutenden Elaſticität den Epithelien der Säugerharnblaſe an die Seite zu ſtellen ſind. Die auf *Brücke*'s Anregung von *J. Paneth* (Ueber das Epithel der Harnblaſe. Aus dem 74. Bd. der Sitzb. d. k. k. Akad. d. Wiſſ. zu Wien. 3 Abth. 1876. Juli-Heft) und unter *C. Ludwig*'s Leitung von *B. London* (Arch. f. Anat. u. Phyſiol. 1881. Phyſiol. Abth. S. 317—330) unterſuchten ſtructurellen Veränderungen der Harnblaſenepithelien bei gefüllter und entleerter Blaſe geben uns zugleich ein vortreffliches Bild von dem Farbenwechſel der Chromatophoren und ſind außerdem phyſiologiſch noch deshalb ſo hoch intereſſant, weil den meiſten Epithelien

ein derartiges Elaſticitätsvermögen auch nicht im Entfernteſten innewohnt, ſondern (wie z. B. das Kapſelepithel um dem Nierenglomerulus oder wie das Lungenepithel nach *Küttner*) einmal geſtreckt, bis zur Unkenntlichkeit flächenartig gedehnt verharren.

[86]) *C. Studiati*, Miscell. di osserv. zootom. I. Sulla causa dei cangiamenti di colore nella pelle del Chamaeleo africanus. Mem. acad. sr. Torino. 2 Ser. T. 15. 1853. p. 89—93; *H. A. Pagenſtecher*, a. a. O. S. 760.

[87]) *G. Pouchet*, Compt. rend. T. 72. 1871. p. 868; cf. auch *Krukenberg*, Vgl.-phyſiol. Studien. 1 Reihe. 3 Abth. 1880. S. 57.

[88]) *Seneca's* Naturbetrachtungen. 3 Buch. Römiſche Proſaiker in neuen Ueberſetzungen herausgegeben von *Tafel, Oſiander* u. *Schwab*. Stuttgart. 1830. Bd. 54. S. 1173—1176.

In **Carl Winter's Universitätsbuchhandlung** in **Heidelberg** sind vom **gleichen Verfasser** ferner erschienen:

Vergleichend-physiologische Studien.

Experimentelle Untersuchungen.

Erste Reihe.

Fünf Abtheilungen. Mit 15 Holzschnitten u. 12 Tafeln. gr. 8°. brosch. 25 M.

Zweite Reihe.

I. Abtheilung. Mit 4 Holzschnitten. gr. 8°. brosch. 6 M.
II. Abtheilung. Mit 3 Holzschnitten und 3 Tafeln. gr. 8°. brosch. 5 M.
III. Abtheilung. Mit 1 Holzschnitt und 9 Tafeln. gr. 8°. brosch. 7 M.

Die

eigenartigen Methoden der chemischen Physiologie

als

Entgegnung auf die Festreden der Hrn. *Leubé* und *Hoppe-Seyler*.

Vortrag.

Mit 2 colorirten Tafeln. gr. 8°. brosch. 1 M. 60 Pf.

☞ Wir erlauben uns, auf diesen interessanten Vortrag besonders aufmerksam zu machen.

Grundriß

der

medicinisch-chemischen Analyse

unter Zugrundelegung der im chemisch-physiologischen Laboratorium der königl. Universität Würzburg gehaltenen medicinisch-chemischen Curse.

Mit 29 Holzschnitten und 1 lithographirten Tafel. Lex. 8°. in Lwd. geb. 5 ℳ

☞ Dieser compendiöse Grundriß der medicinischen Chemie und der chemischen Physiologie von der Hand des dazu besonders berufenen Verf. wird allen Medicinern ein willkommenes Hilfsmittel sein.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

COLUMBIA UNIVERSITY

This book is due on the date indicated below, or at the expiration of a definite period after the date of borrowing, as provided by the rules of the Library or by special arrangement with the Librarian in charge.

DATE BORROWED	DATE DUE	DATE BORROWED	DATE DUE
C28(638)M50			

QP31 K88

Krukenberg

Vergleichend-physiologischen vorträge

AUG 10 1938 BINDERY